



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

Efeito da suplementação com forragem hidropónica nos parâmetros produtivos e na qualidade da carne de bovinos da raça Blonde d'Aquitaine

Guilherme Máximo Mocica Freitas da Silva

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI:

Doutor José Pedro da Costa Cardoso de
Lemos

Doutora Ana Cristina Saragoça Melgado
Gonçalves Monteiro

Doutor Mário Alexandre Gonçalves
Quaresma

ORIENTADOR:

Doutor Mário Alexandre Gonçalves
Quaresma

Co - ORIENTADORA:

Eng^a Susana da Silva Pais Barreto
Zambujo Duarte

Lisboa

2015



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

Efeito da suplementação com forragem hidropónica nos parâmetros produtivos e na qualidade da carne de bovinos da raça Blonde d'Aquitaine

Guilherme Máximo Mocica Freitas da Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ZOOTÉCNICA/PRODUÇÃO ANIMAL

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor José Pedro da Costa Cardoso de
Lemos

Doutora Ana Cristina Saragoça Melgado
Gonçalves Monteiro

Doutor Mário Alexandre Quaresma

ORIENTADORA:

Doutor Mário Alexandre Gonçalves
Quaresma

Co - ORIENTADORA:

Eng^a Susana da Silva Pais Barreto
Zambujo Duarte

Lisboa

2015

DECLARAÇÃO

Nome. Guilherme Máximo Mocica Freitas da Silva

Título da Dissertação:

Efeito da suplementação com forragem hidropónica sobre o ganho médio diário,
rendimento de carcaça e qualidade da carne de bovino da raça Blonde
d'Aquitaine

Orientador: Doutor Mário Alexandre Quaresma

Co-Orientadora: Engenheira Susana Zambujo Duarte

Ano de conclusão. 2015

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Zootécnica/Produção Animal

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS
PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO
INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Faculdade de Medicina Veterinária da ULisboa, __/__/____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Aos meus pais, Ana Marta e Alberto, agradeço todas as oportunidades, educação, apoio e os grandes esforços que fizeram que me permitiram alcançar com sucesso este objetivo. A eles, assim como aos meus irmãos e avós que me ajudaram a percorrer este caminho longo e sempre me deram força para continuar mesmo quando fases menos felizes se atravessaram neste trajeto.

Ao meu orientador, Professor Mário Quaresma, que abriu caminho para a realização deste estudo e que desde o primeiro dia demonstrou uma disponibilidade, amizade e paciência imensa comigo. Será uma amizade que espero que se preserve depois do término desta etapa académica.

Ao Monte da Torre e os seus funcionários, por terem possibilitado a realização do estudo na própria exploração tendo mesmo alterado o normal funcionamento da mesma, com as pesagens quinzenais durante os 8 meses de ensaio.

À minha namorada, Bárbara Nunes, por toda a disponibilidade, compreensão, apoio e carinho que me permitiram alcançar este feito e que me permite sonhar com o próximo objetivo profissional.

Ao meu amigo Diogo Ribeiro, pela grande amizade desde o primeiro ano de faculdade, pelos dias de trabalho em conjunto, pelos risos e gargalhadas partilhados que ajudaram sempre ao bom ambiente e aumentos de moral durante a escrita da tese de mestrado.

Ao meu grande amigo de longa data, Guilherme Correia, pelas tardes passadas a escrever em casa dele, sempre com boa animação e pela ajuda na formatação de algumas figuras presentes nesta dissertação.

A todos os meus amigos que partilharam comigo o secundário, faculdade, equipa de Pólo Aquático do Sporting Clube de Portugal, que me enriqueceram como pessoa e que proporcionaram momentos indescritíveis. É impossível fazer uma lista exaustiva de todas as pessoas que me são importantes, mas que não estão, de todo, esquecidas.

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, e particularmente às secções e responsáveis máximos da secção de Bioquímica (Prof. José Prates), onde realizei as análises de Bromatologia, à secção de Produção Animal (Prof. Rui Bessa), onde foram realizadas as análises de Cromatografia Gasosa, e à Secção de Tecnologia dos Produtos Animais (Prof. António Barreto), onde realizei as análises de Colorimetria e determinação do pH da carne.

À Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto e em particular à Professora Beatriz Oliveira, responsável pelo Laboratório de Bromatologia e Hidrologia onde se realizaram as análises de colesterol e Vitamina E.

A todos, o meu sincero agradecimento...

Resumo

A produção de bovinos está disseminada por todo o globo, havendo uma grande variedade de sistemas de produção característicos ao local de produção, raça utilizada e objetivo traçado, sendo sempre necessária à alimentação a presença de alimentos forrageiros devido à condição de ruminante.

A produção de forragem hidropónica é um sistema de produção com uma grande capacidade de produção sendo por isso uma possibilidade quando existe falta de área e água na exploração.

Este trabalho pretendeu avaliar o contributo da forragem hidropónica, cevada dística no ganho médio diário, consequente rendimento de carcaça e quantidade de carne, pH e avaliação da cor e, por fim, analisar a fração lipídica da carne dos animais abatidos para consumo, assim como os custos de produção associados à utilização de forragem hidropónica.

A amostra usada para a recolha dos pesos para o cálculo dos ganhos médios diários foi composta por 37 vitelos, machos, da raça Blonde d'Aquitaine em linha pura, enquanto para a análise dos parâmetros de abate, pH, colorimetria e fração lipídica da carne foram utilizados 20 animais. As pesagens decorreram quinzenalmente durante 8 meses, foram abrangidos dois desmames diferentes, as estivas foram fornecidas pelo matadouro municipal de Sousel, o pH e cor foram medidos 48h após o abate dos animais no músculo *longissimus lumborum*, que também foi usado para as análises do perfil lipídico.

Não se verificaram diferenças significativas nas performances zootécnicas e de abate avaliadas, nem nos valores de pH e colorimetria, nem no perfil de ácidos gordos da carne. Os rácios nutricionais também não foram significativamente diferentes tendo sido apenas diferente o teor de colesterol total e de α -tocoferol na carne. Nestes dois parâmetros, a utilização de forragem hidropónica resultou em valores significativamente superiores aos do grupo controlo.

Palavras-chave: bovinos, forragem hidropónica, Blonde d'Aquitaine, performance, fração lipídica, carne.

Abstract

The beef production is well spread all over the world, existing various production systems well adapted to the local, the breed used and the production objective, being always imperative the presence of pasture or forage due ruminant condition of these animals.

The hydroponic fodder production could be a solution due its high daily production, majorly when land and water are the main constrains.

This work intended to evaluate the contribution of barley hydroponic fodder to average daily gain, carcass yield, beef pH value and colorimetric evaluation and its lipid profile.

This study used 37 Blonde d'Aquitaine male steers for the performance analysis while for the carcass yield, pH value, color and lipid profile were only used 20 of those initial 37 animals. The weighing was performed twice a month during an 8 month trial, with two weaning seasons, the carcass traits were provided by the municipal slaughterhouse of Sousel, the pH value was measured 48h after the slaughter on the *longissimus lumborum* muscle.

There were no significant differences on the average daily gain and the carcass yield, neither pH values, color parameters nor the lipid fraction of the meat. Significant differences were limited to the total cholesterol and α -tocopherol contents, which were positively influenced by the hydroponic fodder.

Keywords: cattle, hydroponic fodder, Blonde d'Aquitaine, performance, lipid profile, meat

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice Geral	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	viii
Lista de Abreviaturas	x
Introdução	1
1 - Consumo e Produção Mundial de Carne de Bovino	2
2 - Evolução das raças bovinas	13
2.1 - A raça Blonde d'Aquitaine	14
3 - Sistemas de produção de bovinos de carne	16
4 - Alimentação em Bovinos	19
5 - Ingestão de Matéria Seca	24
6 - Conversão do Músculo em Carne	25
7 - Qualidade da Carne	28
8 - Composição do Músculo e da Carne	31
9 - Hidroponia	37
9.1 - Nutrientes Fundamentais	39
9.2 - Temperatura	40
9.3 - Intensidade Luminosa	40
9.4 - Oxigenação	41
9.5 - pH	41
9.6 - Hidroponia e Produção de Carne	42
9.7 - Performance dos animais alimentados com cevada hidropónica	49
9.8 - Custo de Produção de Forragem Hidropónica	50
10 - Materiais e Métodos	52
10.1 - Animais	52
10.2 - Regime Alimentar	53
10.3 - Protocolo Experimental	53
10.4 - Performances zootécnicas avaliadas	55

10.5 – Amostragem	55
10.6 - Determinação da cor e do pH das amostras recolhidas	55
10.7 - Determinação do colesterol e dos tococromanóis	55
10.8 - Determinação do perfil de ácidos gordos	57
10.9 Cálculo dos índices de qualidade do perfil de ácidos gordos	60
10.10 Análise estatística	60
11 – Resultados.....	60
12 – Discussão.....	67
13 – Conclusão	71
14 - Referências Bibliográficas	72

Índice de Figuras

Figura 1- Consumo <i>per capita</i> de carne de bovino por continente	3
Figura 2 – Os 20 maiores consumidores de carne a nível Mundial	4
Figura 3 – Distribuição percentual do efectivo bovino Mundial por continente.....	5
Figura 4 – Ranking dos 10 maiores afetivos bovinos a nível Mundial	6
Figura 5 – Número de animais abatidos e tonelada de carne obtida	6
Figura 6 – Contribuição dos diferentes continentes para a produção bovina Mundial	7
Figura 7 – Percentagem de carne de bovino exportada por continente.....	8
Figura 8 - Percentagem de carne de bovino importada por continente	9
Figura 9 – Carne de bovino exportada por país e rendimento obtido	19
Figura 10 – Carne de bovino importada por país e respectivo custo	11
Figura 11 – Evolução do efetivo bovino em Portugal.....	12
Figura 12 – Oferta e consumo de carne de bovino.....	12
Figura 13 – Exemplar da raça Garonne, Quercy e Blonde dos Pirinéus	14
Figura 14 –Esquematização da Energia Bruta	19
Figura 15 – Esquema da distribuição da energia fornecida na alimentação	20
Figura 16 – Esquematização dos diferentes tipos de proteína	21
Figura 17 – Representação esquemática da conversão dos músculo em carne.....	26
Figura 18 - Touro da raça Bleu Blanc Belge, “Okapi” (BBB).....	29
Figura 19 – Fórmula química de uma molécula de colesterol	33
Figura 20 – Esquema químico da Vitamina E	36
Figura 21 – Disponibilidade de nutrientes em diferentes valores de pH.....	42
Figura 22 – Parque de engorda com animais participantes no estudo	52
Figura 23 – Ficha técnica do concentrado fornecido aos animais durante o estudo e amostra do mesmo concentrado na manjedoura no parque de engorda	53
Figura 24- Pesagem de indivíduo da amostra em estudo	54
Figura 25 – Fórmula para calcular o GMD dos animais em estudo.....	54
Figura 26 – Fórmula para calcular os rendimentos de carcaça e rendimento de carne... ..	54
Figura 27 – Teor relativo dos diferentes homólogos de Vitamina E relativamente ao teor global de Vitamina E na carne de animais com e sem suplementação de forragem hidropónica	66

Índice de Quadros

Quadro 1 - Ganhos médios diários (kg/dia) de diferentes genótipos em sistema semi-intensivo, com desmame na época de outono/inverno	17
Quadro 2 - Esquema de uma engorda tipo extensivo	18
Quadro 3 - Categorias comerciais das peças de talho.....	27
Quadro 4 - Diferentes parâmetros analisados na qualidade da carne proveniente de musculus <i>longissimus lumborum</i>	30
Quadro 5 - Aminoácidos essenciais e não essenciais à dieta humana.....	322
Quadro 6 - Formulação de uma solução para produção em hidroponia	39
Quadro 7 - Concentração nutricional (%M.S.) de rebentos de cevada hidropônica com diferentes dias comparando com o grão de cevada	44
Quadro 8 - Matéria seca, cinza e proteína bruta em grão de cevada e cevada hidropônica com 6,8 e 10 dias de idade	45
Quadro 9 - Concentração de aminoácidos essenciais (%M.S.) de rebentos de cevada hidropônica, com diferentes idades, comparando com grão de cevada	45
Quadro 10 - Análise vitamínica, baseada em amostras de cevada hidropônica com 6 dias.47	
Quadro 11 - Concentração de minerais (% da M.S.) em grãos de cevada e cevada hidropônica... ..	47
Quadro 12 - Digestibilidade de grão de cevada e rebentos de cevadas com várias idades ..48	
Quadro 13 - Custos associados à produção de cevada hidropônica	51
Quadro 14 - Ganho médio diário, peso vivo e performance de abate (média±desvio padrão; expresso em kg) de animais com e sem suplementação de forragem hidropônica	60
Quadro 15 - Estiva da carcaça de vitelão Blonde d'Aquitaine alimentado com e sem forragem hidropônica	61
Quadro 16 - Valores de pH e parâmetros de colorimetria de acordo com o método CIELAB	61
Quadro 17 - Total de ácidos gordos (expresso em mg/g de carne), perfil de ácidos gordos em g/100 g de ácidos gordos em carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropônica.....	63
Quadro 18 - Somatórios parciais dos ácidos gordos e índices nutricionais em carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropônica	65
Quadro 19 - Teor de colesterol total, teor dos principais homólogos da vitamina E e índice de peroxidação em carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropônica	65

Lista de Abreviaturas

ATP – Adenosina trifosfato

BBB – *Bleu Blanc Belge*

BSE – *Bovine spongiform encephalopathy*

CH – Com Hidroponia

CLA – Ácido Linoleico Conjugado

CV – Coeficiente de Variação

DFD – *Dark Firm Dry*

DMA - Dimetilacetais

EB – Energia Bruta

ED – Energia Digestível

EFA – Ácidos Gordos Essenciais

EM – Energia Metabolizável

EN – Energia Net

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

FVH – Forragem Verde Hidropónica

GMD – Ganho Médio Diário

h/H - Índice hipo/hipercolesterolémico

HDL - Lipoproteínas de alta densidade

HPLC - Cromatografia líquida de alta performance

IA – Índice de aterogenicidade

IP – Índice de peroxidação

IT – Índice de trombogenicidade

LDL - Lipoproteínas de baixa densidade

M.S. – Matéria Seca

MUFA – Ácidos Gordos Monoinsaturados

NADPH – Dinucleótidos de adenina nicotinamida

NRC – National Research Council

PSE – Pale soft exudative

PUFA – Ácidos Gordo Polinsaturados

SFA – Ácidos Gordos Saturados

SH – Sem Hidroponia

TFA – Ácidos Gordos *trans*

Introdução

O sistema gastrointestinal dos ruminantes e a população microbiana residente no rúmen permite-lhes usar recursos energéticos que estão vedados aos monogástricos, nomeadamente a fibra vegetal. A utilização do pasto para alimentação de bovinos é um método de produção sustentável e vantajoso do ponto de vista económico. Contudo, a produção de pasto é sazonal, facto que resulta em abundância na Primavera, escassez no Verão e Inverno e disponibilidade variável no Outono, de acordo com a disponibilidade de água. O sistema de produção em Pastoreio exige grande disponibilidade área, facto que limita o aumento de produção. Para além disso a qualidade nutricional do pasto é variável ao longo do ano, o que influencia a produtividade dos animais.

Pelas razões anteriormente expostas, o sistema de produção de bovinos em pastoreio levanta algumas limitantes e bastantes desafios ao produtor. A produção de forragem hidropónica pareceu-nos por isso uma alternativa interessante que permitiria alargar o encabeçamento da exploração e com isso a sua produtividade. Ao mesmo tempo, permitia oferecer aos animais uma forragem verde e com qualidade homogénea ao longo do ano. A exploração Monte da Torre dispõe de uma estufa hidropónica (que permite produzir até 5 toneladas/dia) e de um efectivo bovino da raça Blonde d'Aquitaine. A conjugação destes dois factores proporcionou a oportunidade para a realização deste trabalho, que se afigurava inovador e cativante aquando do seu início.

O objectivo deste estudo foi avaliar índices zootécnicos e a qualidade nutricional da fracção lipídica e parâmetros físico-químicos da carne de novilho Blonde d'Aquitaine alimentados com duas dietas diferentes no acabamento de novilhos da raça Blonde d'Aquitaine. A dieta controlo era constituída por palha cerealífera e alimento concentrado administrados *ad libitum*, enquanto a dieta experimental continha palha cerealífera, alimento concentrado e forragem hidropónica de cevada dística.

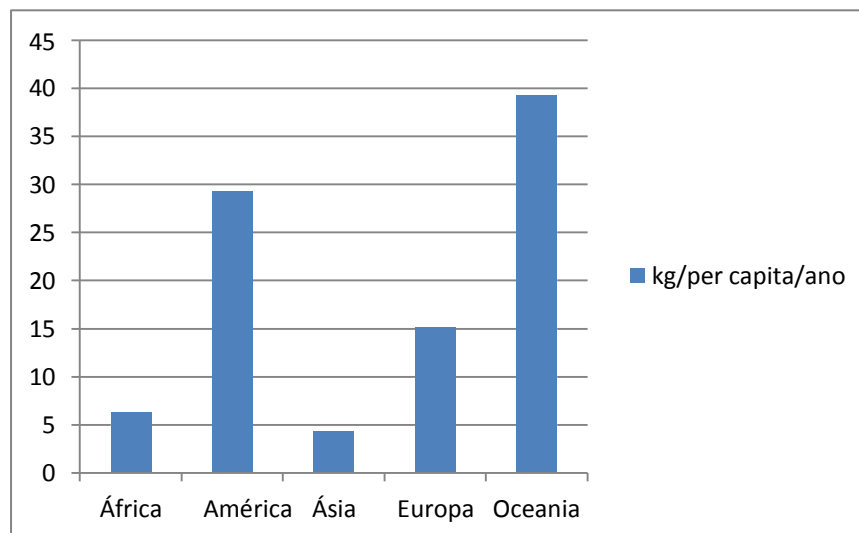
1 - Consumo e Produção Mundial de Carne de Bovino

A carne de bovino é uma carne consumida em todos os continentes e aceita em todas as religiões, excetuando a hindu, havendo uma grande discrepância de consumo *per capita* entre os países mais desenvolvidos e os menos desenvolvidos, pois é uma carne cara quando comparada com a carne de suíno e de aves. A produção de um quilograma de carne de bovino implica mais investimento na linha materna e um período de tempo mais alargado do que ocorre na carne de suíno e de aves. Nos países com menores recursos de refrigeração e conservação, há um menor consumo desta carne, sendo consumida apenas em épocas importantes, como um casamento, em que toda a família se reúne. Verifica-se então que os continentes onde se consome mais carne de bovino são os que têm maior poder de compra. A Europa coloca-se numa posição intermédia entre os continentes Americano e Oceânia com maior consumo e África e a Ásia com menor. No continente Asiático, os bovinos são ainda muito utilizados como animais de trabalho e, na Índia, são considerados animais sagrados, explicando assim o número elevado de cabeças e o baixo consumo desta carne. No entanto, prevê-se um aumento do consumo neste continente pois, com o aumento da classe média e o aumento do poder de compra por parte do povo chinês, devido à alteração das exigências alimentares. Já no velho continente verifica-se o inverso, com a previsão da diminuição do consumo de carne de bovino devido à crise económica instalada e devido às preocupações com a saúde humana. Preocupações relacionadas com a segurança alimentar ao nível da sanidade e à grande quantidade de ácidos gordos saturados levam a uma maior desconfiança por parte do consumidor. Para combater esta problemática os produtores têm selecionado os seus animais para a produção de carne mais magra e com maiores conteúdos de ácidos gordos mono e polinsaturados em detrimento dos saturados (Bas, Songur, Sahin, Mollaoglu, Ozen, Yaman, Eser, Fidan & Yagmurca, 2007).

O consumo de carne de bovino a nível mundial apresenta grande discrepância entre os continentes (Figura 1) e países com maior e menor consumo *per capita*. Em termos de continentes, o maior consumidor é a Oceânia com 39,2 kg/*per capita*/ano, seguido do continente americano (29,3 kg/*per capita*/ano), enquanto o continente Asiático apresenta o menor consumo per capita de todos os continentes (4,4 kg/*per capita*/ano). As diferenças observadas entre continentes, também se observam entre países dentro do mesmo continente, e tais diferenças podem ser explicadas devido a

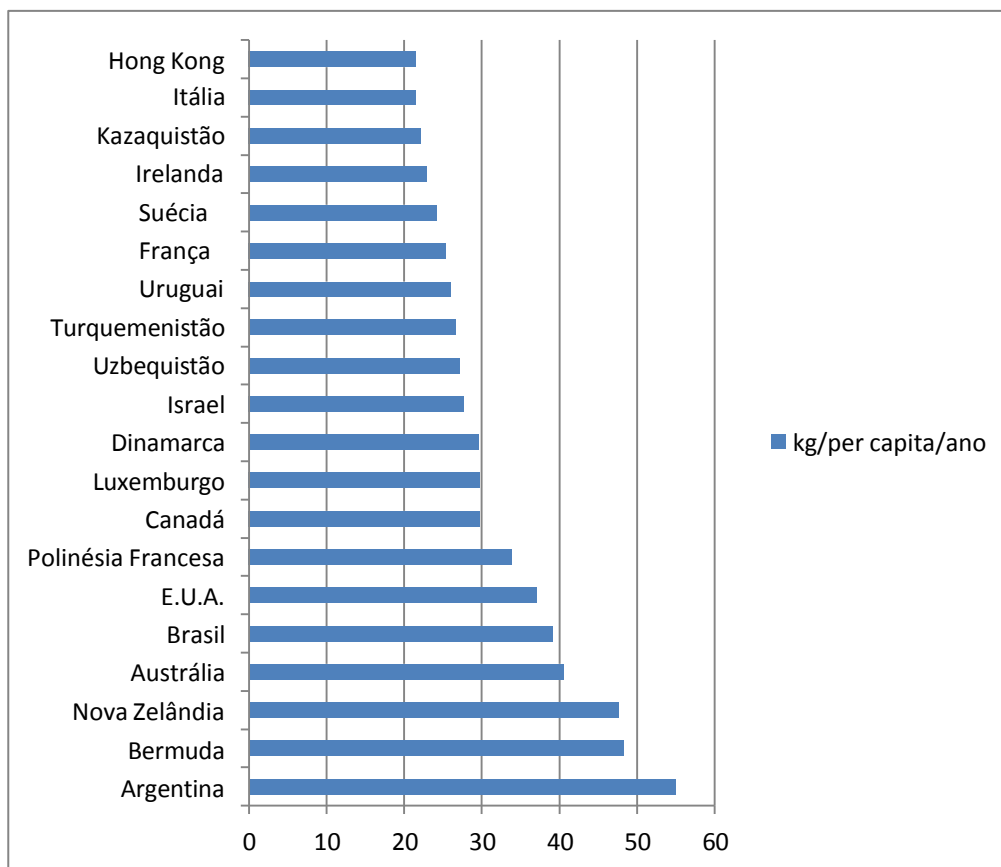
diferenças culturais, religiosas, culturais, económicas e podem também estar associadas à disponibilidade do produto.

Figura 1 - Consumo *per capita* de carne de bovino por continente em 2011
(Fonte: FAOSTAT, 2014)



No que diz respeito ao consumo de carne nos diferentes países, em 2011, a Argentina era o país que apresentava o maior consumo a nível mundial (54,94 kg/capita/ano), enquanto a Libéria era o que registava o menor dos consumos (0,76 kg/capita/ano). Se considerarmos os 20 países com maior consumo *per capita*, verificamos que os 9 primeiros se encontram nos continentes Americano e Oceânica. No continente Americano, a Argentina, a Bermuda, o Brasil, os E.U.A., o Canadá e o Uruguai apresentam um consumo *per capita* médio de 47 kg/capita/ano. A Nova Zelândia, a Austrália e a Polinésia Francesa apresenta em média um consumo *per capita* de 40,7 kg/capita/ano. Na Europa, os países com maior consumo *per capita* de carne de bovino foram o Luxemburgo, a Dinamarca, a França, a Suécia e a Irlanda, apresentando em média um consumo *per capita* de 25,5 kg/capita/ano. No continente Asiático, os países com maior consumo *per capita* foram Israel, Uzbequistão, Turquemenistão, Cazaquistão e Hong Kong, apresentando um consumo *per capita* de 25,0 kg/capita/ano. No continente Africano, o país com maior consumo *per capita*, a República Centro Africana (19,8 kg/capita/ano), apresenta o vigésimo quinto lugar, do ranking dos 20 países com maior consumo de carne de bovino *per capita* (Figura 2).

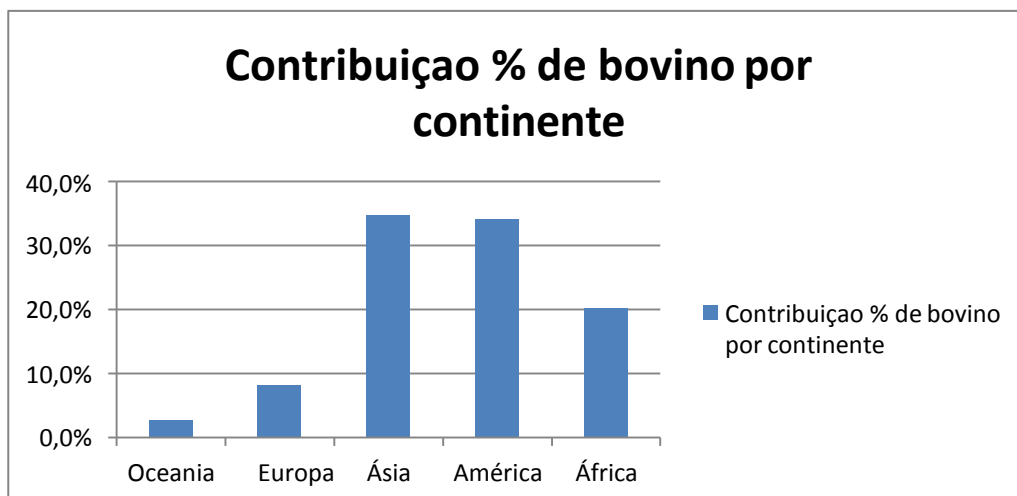
Figura 2 - Os 20 maiores consumidores de carne a nível global (kg/per capita/ano) (Fonte: FAOSTAT, 2014)



O consumo de carne de bovino está, em alguns países, associado à produção, exemplo disso é a Argentina, Brasil, E.U.A., Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Uruguai, França entre outros. Mas também encontramos exemplos do contrário, ou seja países com efectivos bovinos de dimensão reduzida e com elevado consumo *per capita*, como é o caso da Bermuda, Polinésia Francesa e Hong Kong.

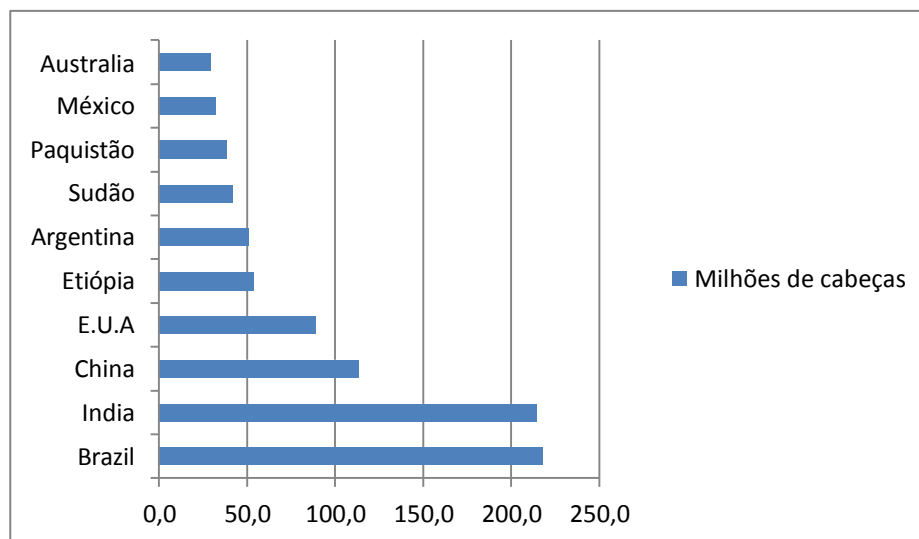
De acordo com os dados da FAO (FAOSTAT, 2014) o efectivo global de bovinos no ano de 2013, último ano com dados disponíveis, era de aproximadamente 1,5 mil milhões de cabeças. Os maiores efectivos encontram-se na Ásia e nas Américas, responsáveis por 34,8 e 34,2% do efectivo bovino global, representando no conjunto mais de mil milhões de cabeças. A Africa apresenta o terceiro maior efectivo global com 301 milhões de cabeças, representando 20.1% do efectivo mundial. Por sua vez, a Europa e a Oceânia apresentam os efectivos bovinos mais pequenos com 122 e 40 milhões de cabeças, representando 8,2 e 2,7% do efectivo mundial (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição percentual do efectivo bovino mundial por continentes
(Fonte: FAOSTAT, 2014)



Se considerarmos os países com maiores efectivos (Figura 4), verificamos que o Brasil apresenta o maior efectivo mundial com um total de 217,4 milhões de cabeças, logo seguido pela Índia (214,4 milhões de cabeças) e pela China (113,5 milhões de cabeças). Em conjunto estes 3 países são responsáveis por 36,6% do efectivo mundial com um total de 545,2 milhões de cabeças. No continente Americano, para além do Brasil, encontramos 3 outros países dentro dos 10 maiores efectivos mundiais, Estados Unidos da América, Argentina e México, que em conjunto representam 11,6% do efectivo bovino mundial (172,4 milhões de cabeças). Na Ásia, para além da Índia e China, encontramos ainda o Paquistão com 32 milhões de cabeças (2,6% do efectivo global). Em África, apenas a Etiópia e o Sudão constam dentro dos 10 maiores efectivos mundiais, sendo responsáveis por 95,9 milhões de cabeças (6,4% do efectivo mundial). Ainda dentro dos 10 maiores efectivos bovinos encontramos a Austrália com 29,3 milhões de cabeças de gado e uma contribuição de 1,97% para o efectivo global.

Figura 4 - Ranking dos 10 maiores efectivos bovinos a nível mundial (Fonte: FAOSTAT, 2014)



Em termos produtivos, e de acordo com a FAOSTAT, em 2012 foram abatidos a nível global 295,5 milhões de bovinos, dos quais resultaram 62,7 milhões de toneladas de carne de bovino. A distribuição da produção de carne de bovino é apresentada, em termos totais na Figura 5, e em termos percentuais na Figura 6. Os dados revelam que o continente Americano é aquele que mais contribui para a produção de carne bovino, tendo abatido 117 milhões de bovinos (39,6% do total de animais abatidos), a que corresponderam 30 milhões de toneladas (47,9% do total de carne de bovino produzida). Em termos de ranking, tanto no número de bovinos abatidos como na quantidade de carne produzida, o continente Americano é seguido pela Ásia, Europa, África e Oceânia.

Figura 5 – Número de animais abatidos e toneladas de carne obtida (Fonte: FAOSTAT, 2014)

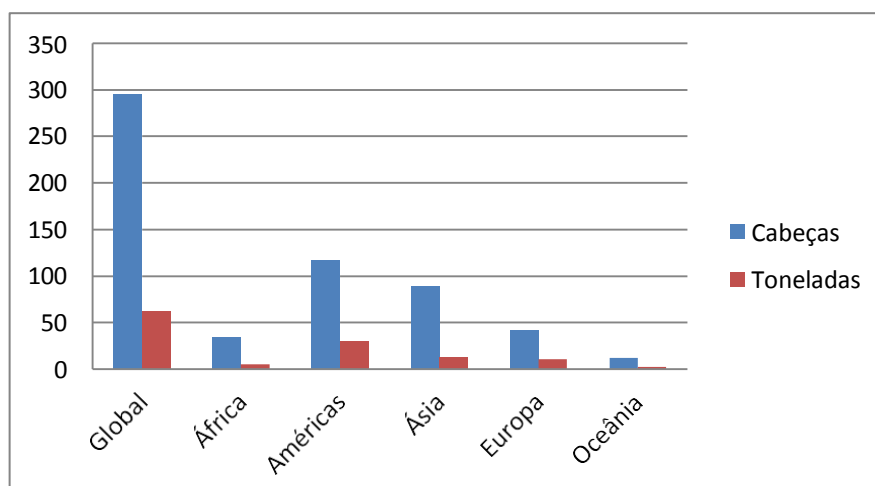
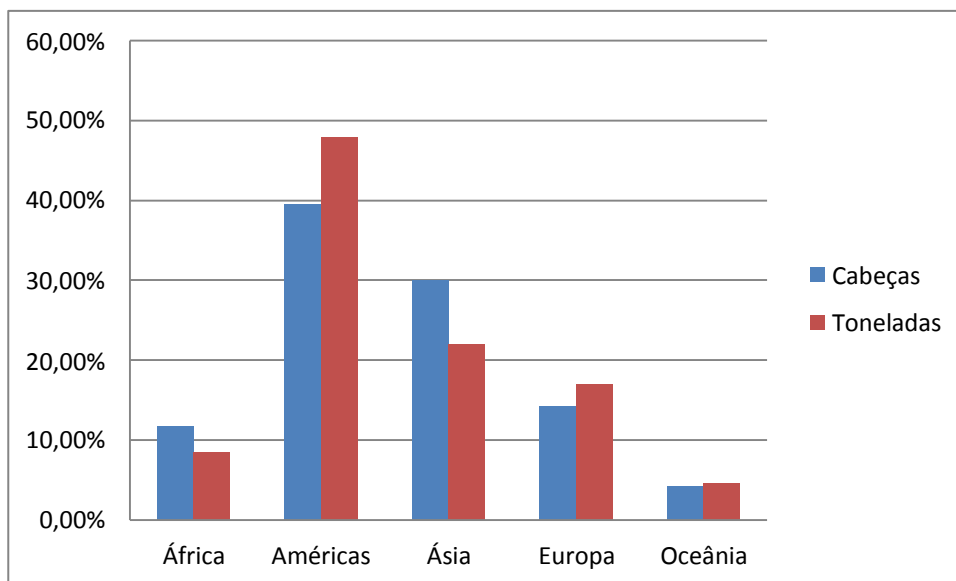


Figura 6 - Contribuição dos diferentes continentes para a produção bovina mundial (Fonte: FAOSTAT, 2014)



Entre o efectivo bovino dos diferentes continentes e a produção de carne de bovino verifica-se alguma disparidade. Os continentes Asiático e Americano apresentam um efectivo bovino semelhante, com superioridade para a Ásia (mais 9 milhões de cabeças), contudo, a Ásia abateu apenas três quartos dos animais abatidos no continente Americano, tendo este apresentado uma produção de carne 2,2 vezes superior à Ásia. Por outro lado, o continente Africano apresenta um efectivo muito superior ao efectivo europeu (2,5 vezes maior), mas produz metade da carne comparativamente com o Continente Europeu. O continente asiático tem um menor rendimento de carne, quando tem dos maiores efetivos mundiais pois a religião hindu, presente em alguns países considera os bovinos animais sagrados, sendo proibido o seu abate e o seu consumo. Já em África a explicação é diferente para o baixo rendimento em carne. Aqui os animais são considerados fonte de riqueza, sendo mais rico o indivíduo que tem em sua posse o maior número de animais, abatendo apenas em épocas festivas como por exemplo um casamento.

Um outro dado interessante que se pode observar na Figura 6 é o facto dos continentes Americano e Europeu contribuírem com uma maior percentagem de toneladas de carne do que animais abatidos (69,6% e 58,1%, respectivamente), enquanto os continentes Africano e Asiático contribuírem com uma maior percentagem de animais abatidos e uma menor percentagem de carne (41,9% e 30,5%). Tal facto deverá estar associado ao peso final de abate, facto que pode estar associado a diferentes factores: utilização de diferentes genéticas, com rendimentos de carne diferentes; níveis de acabamento diferentes, entre outros.

Considerando os dados referentes ao consumo *per capita* e aos dados dos efectivos bovinos e dos dados de produção, parece evidente que não existe uma proporcionalidade entre o consumo e a produção de carne de bovino, facto que levanta uma questão pertinente: como se processa o comércio global de carne de bovino?

Os principais resultados sobre exportação e importação de carne de bovino são apresentados nas Figura 7 e 8, respectivamente. O continente Americano é o principal exportador de carne de bovino, e é simultaneamente o terceiro maior importador. Por outro lado, o Continente Europeu é o principal importador e o segundo maior exportador de carne de bovino. Em termos numéricos, a Europa importou em 2012, aproximadamente, 1,38 milhões de toneladas de carne de bovino, num valor global estimado de 6,6 mil milhões de dólares, no mesmo período exportou aproximadamente 1,35 milhões de toneladas correspondendo a 6,7 mil milhões de dólares. Em termos de balanço comercial, a Europa importa mais 21,4 mil toneladas do que exporta, mas como importa a um valor inferior ao que exporta, o saldo comercial é positivo, e ronda os 95,3 milhões de dólares.

Figura 7 – Percentagem de carne de bovino exportada por continente (Fonte: FAOSTAT, 2014)

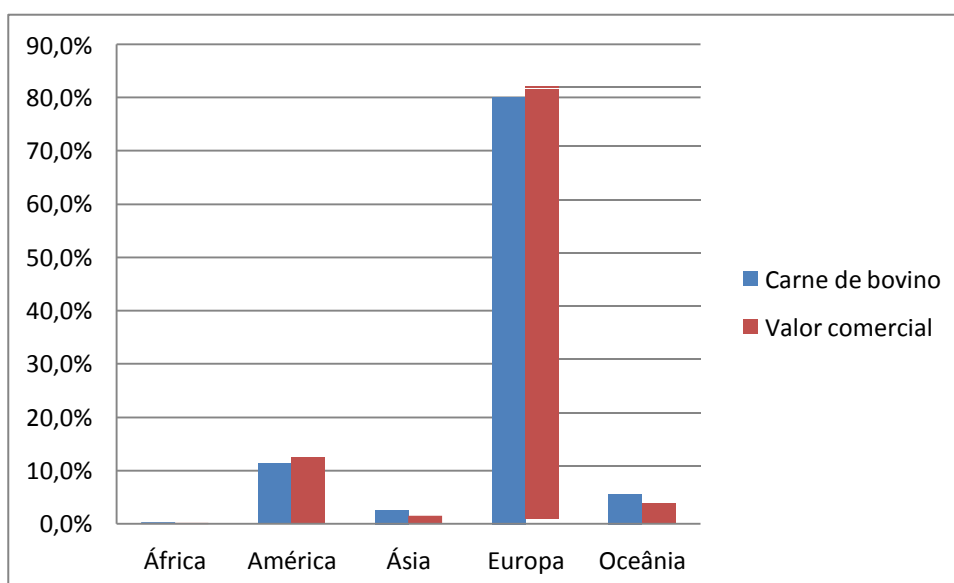
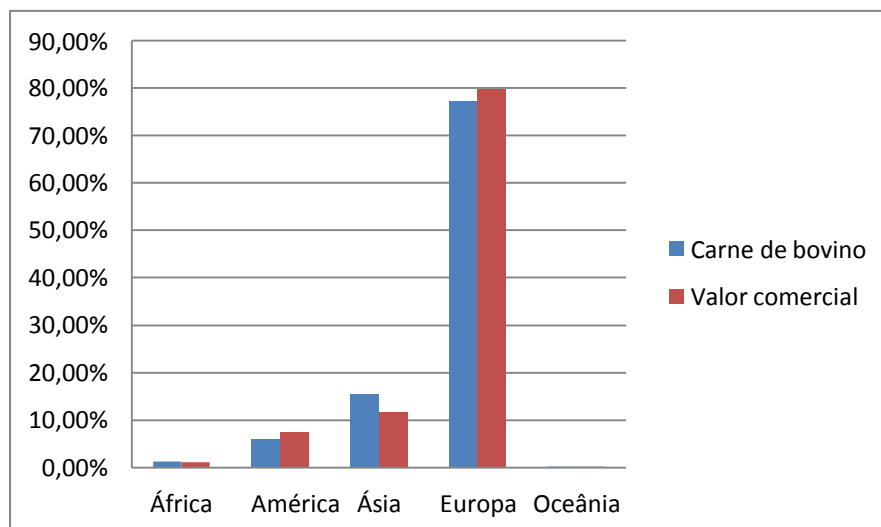


Figura 8 - Percentagem de Carne de Bovino Importada por Continente (Fonte: FAOSTAT, 2014)



Em 2012, o comércio mundial de carne de bovino concretizou a exportação de aproximadamente 1,73 milhões de toneladas no valor de 8,2 mil milhões de dólares americanos.

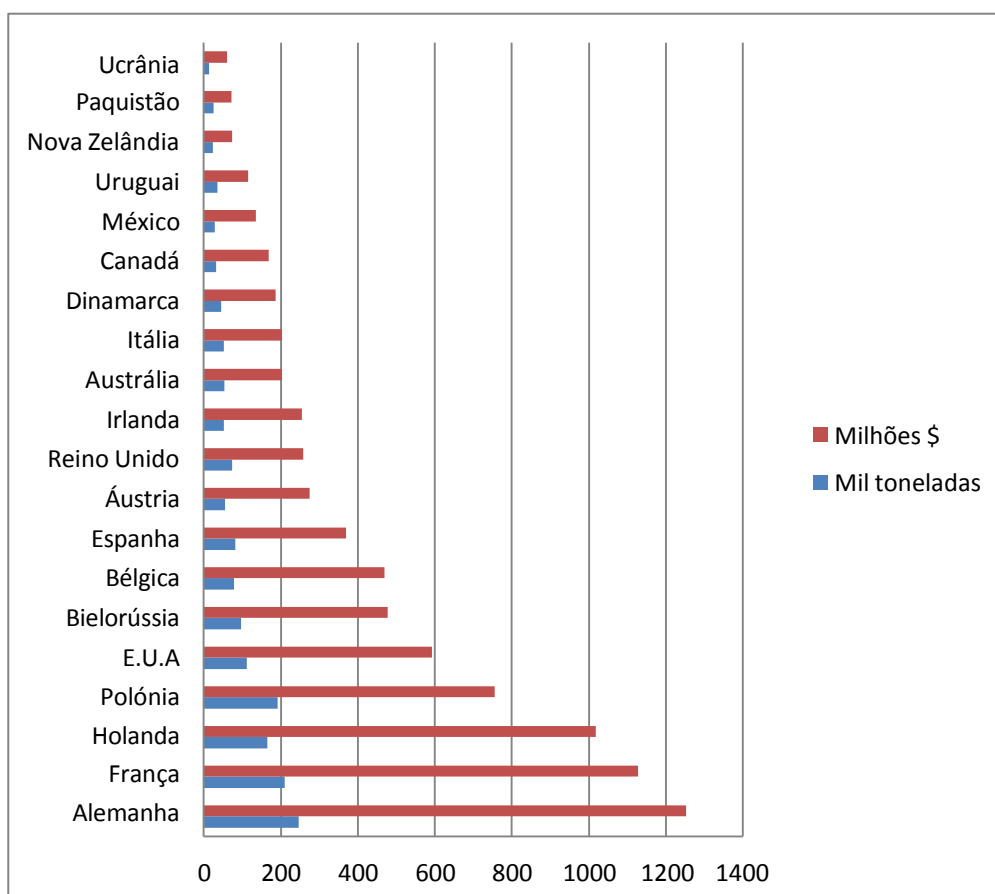
No que toca ao comércio mundial de carne de bovino, verifica-se que o continente com maiores valores de exportação e importação de carne de bovino é o continente Europeu, que é responsável pela exportação de 80% da quantidade de carne exportada a nível mundial, o que representa um aporte de 6,7 mil milhões de toneladas. O continente Europeu também é o continente com maior volume de importação de carne de bovino (77,2% do total de carne importada, equivalente a 1,2 milhões de toneladas), mas responsável por 80% do valor total envolvido na importação desta carne (aproximadamente 6,2 mil milhões de dólares).

O continente com maior produção, o americano é seguido pelo europeu. No entanto, é a Europa que mais carne de bovino importa, sendo por isso um ponto estratégico na negociação e distribuição de carne de bovino, principalmente a nível comunitário e com a Rússia. De seguida encontra-se a Ásia, o que comprova que estes continentes são deficitários na produção de carne de bovino. As importações por parte do continente africano são residuais uma vez que o custo deste produto é extremamente elevado para o poder de compra da população em geral. Por outro lado a Oceânia, apesar de apresentar um elevado consumo *per capita*, nos dois países mais populosos do continente (Austrália e Nova Zelândia), apresenta uma produção que lhe permite ser excedentária.

Se considerarmos uma análise mais detalhada, verificamos que os maiores exportadores de carne de bovino (Figura 9) se encontram na Europa, que agrega 13

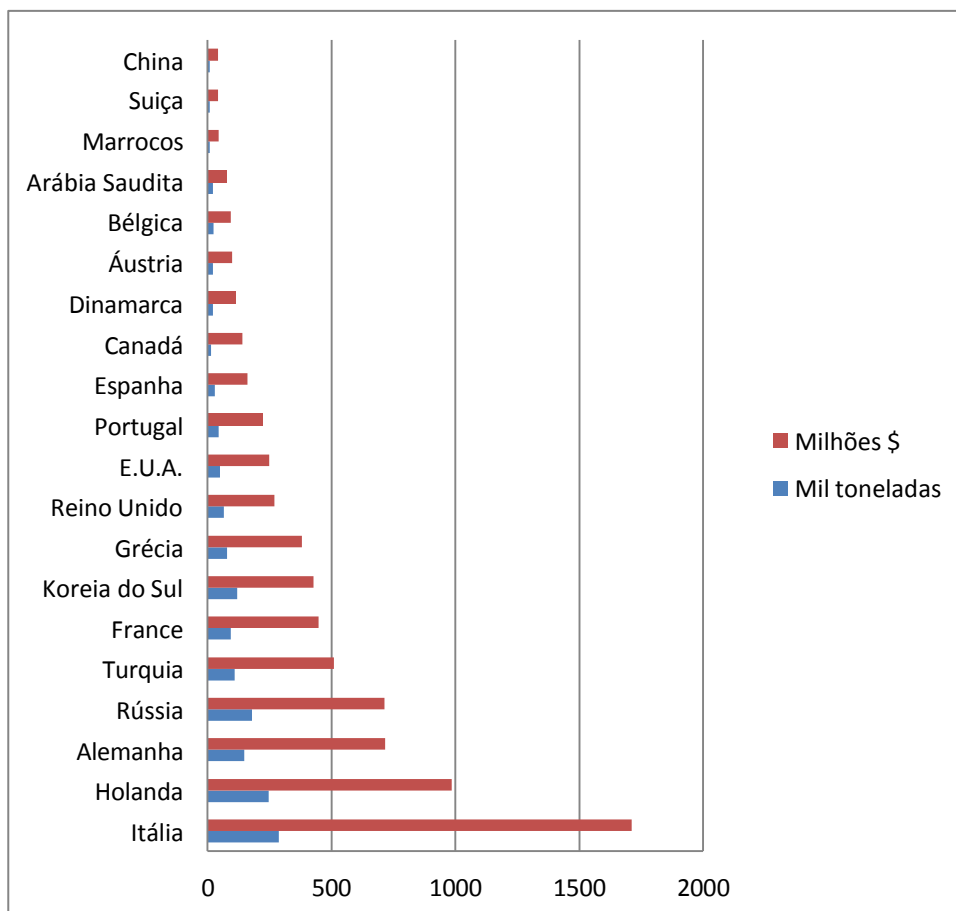
dos 20 maiores exportadores de carne de bovino, que no seu conjunto exportam 81,4% do total da carne de bovino exportada no mundo e 83,1% do volume total de dinheiro envolvido na exportação de carne de bovino. Fora do continente Europeu, os maiores exportadores de carne de bovino localizam-se no continente Americano (E.U.A, Canadá, México e Uruguai), que em conjunto são responsáveis por 207 mil toneladas de carne de bovino, que correspondem a 12,4% da carne de bovino exportada a nível global, enquanto a Oceânia (Austrália e Nova Zelândia) são responsáveis pela exportação de 4,6% da carne de bovino exportada no planeta, a que corresponde 0,96% do valor total envolvido na exportação deste produto. Por seu lado, o Paquistão é o único país do continente Asiático a exportar carne de bovino, mas representa apenas 1,5% do total de carne exportada, a que corresponde apenas 0,3% da verba global associada à exportação de carne bovino.

Figura 9 - Carne de bovino exportada por país e rendimento obtido (Fonte: FAOSTAT, 2014)



Em termos de importação de carne de bovino, o continente Europeu continua a liderar.

Figura 10 - Carne de bovino importada por país e respectivo custo (Fonte: FAOSTAT, 2014)



Em Portugal, os efetivos de bovinos tem sido estável durante este novo século tendo crescido nos últimos anos com os apoios do estado para o sector primário (Figura 11). Já o consumo de carne de bovino tem sofrido um crescimento contínuo, graças a um aumento quer na produção quer na importação. Esta tendência de consumo foi interrompida pela crise da BSE (encefalopatia espongiforme bovina em Português), na década de 90 e no final da primeira década deste século em virtude da crise económica. Atualmente, Portugal importa mais de 50% da carne de bovino consumida no território (Figura 12), havendo possibilidade de aumentos de produção em todo o território, tentando colocar no mercado carne a um preço competitivo com o resto da Europa, com o objetivo de importar menos carne proveniente do continente americano.

Figura 11 - Evolução do efetivo bovino em Portugal (Fonte: Anuário Agrícola, 2013)

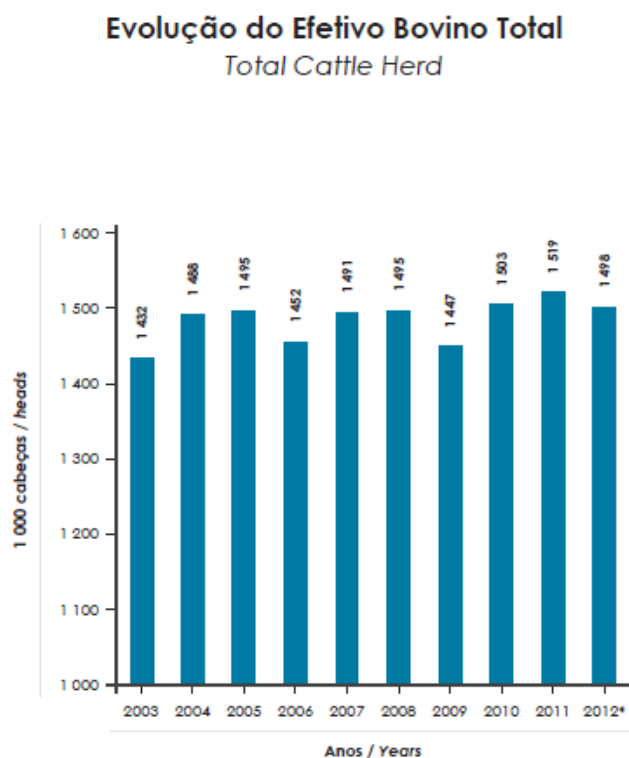
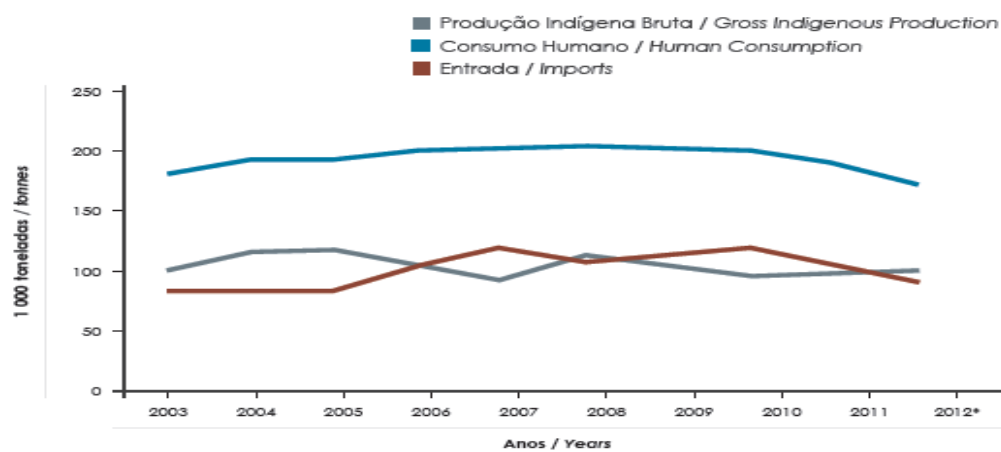


Figura 12 – Oferta e consumo de carne de bovino (Fonte: Anuário Agrícola, 2013)



2 – Evolução das raças bovinas

Os primeiros indícios da existência de bovinos remontam a tempos pré-históricos, como o demonstraram as pinturas rupestres, gravadas pelo Homem de então, e os esqueletos encontrados por toda a Europa e Ásia. Este bovino primitivo, apelidado de Auroque (*Bos primigenius*), era um animal de grande corpulência e de comportamento agressivo, tendo sido extinto em 1627, na Polónia (Ginja, 2009).

Investigações recentes demonstraram que a domesticação animal foi um processo gradual e extremamente complexo, iniciado durante o período do Neolítico, que decorreu há 10000 anos atrás, na região do crescente fértil (Geigl, 2008). A dispersão das populações de bovinos domésticos a partir do Médio Oriente seguiu duas rotas principais: Danúbio e Mediterrâneo (Cymbron, Freeman, Malheiro, Vigne & Bradley, 2005). Os bovinos da região do Mediterrâneo e Península Ibérica têm origem em animais que se dispersaram a partir do Médio Oriente pela via continental, mas também em animais introduzidos pelo Norte de África (Ginja, 2009).

No continente europeu, distinguem-se duas linhas de bovinos, o tronco europeu e o tronco das ilhas britânicas. O tronco europeu é caracterizado pelo grande tamanho em adulto, elevada taxa de crescimento, grande desenvolvimento muscular, reduzida fertilidade e pouca capacidade de depositar gordura intramuscular (*marbling*). As raças Limousin, Blonde d'Aquitaine, Charolês e Marchigiana são representantes deste tronco europeu (Ensminger & Perry, 1997). As raças originárias das ilhas britânicas têm características que as diferenciam das raças continentais. Apresentam elevada fertilidade, precocidade sexual, tamanho médio em adulto e maior capacidade de deposição de gordura intramuscular (*marbling*). Como principais exemplos encontramos as raças Aberdeen-Angus, Hereford e Shorthorn.

Robert Bakewell of Dishley (1726-1795) é considerado o primeiro melhorador de bovinos em Inglaterra. Selecionou animais que tivessem melhores capacidades de criar músculo na parte posterior do corpo em detrimento de grande tamanho, criando, assim, o English Longhorn. Perspetivando aumentos populacionais, afirmava que os animais da altura não conseguiriam alimentar as futuras populações. Esta nova raça era caracterizada pelo tamanho médio e com corpos compactos (Ritchie, 2009).

Os bovinos foram levados para as Américas pelos colonos portugueses e espanhóis a partir do final do século XV e no século XVI. Os bovinos inicialmente introduzidos nas Américas foram selecionados pela sua capacidade de trabalho e de tração. Mais tarde, os Ingleses procuraram introduzir na América do Norte bovinos

para a produção de carne, sendo a raça mais disseminada o Longhorn, que se caracterizava pela elevada rusticidade, longevidade e boa capacidade de defesa contra predadores silváticos graças ao grande desenvolvimento dos cornos (Ensminger & Perry, 1997).

2.1 - A raça Blonde d'Aquitaine

A raça Blonde d'Aquitaine foi reconhecida como raça em 1962, tendo origem na fusão de três raças de bovinos, a Garonne, a Quercy e a Blonde dos Pirenéus (Fonte: <http://www.blonde-aquitaine.fr>).

Figura 13 - Exemplar da raça Garonne, Quercy e Blonde dos Pirinéus (Fonte: <http://www.blonde-aquitaine.fr>, 2014)



O Blonde d'Aquitaine caracteriza-se por ser uma raça com grande desenvolvimento muscular, semelhante em alguns aspetos a outras raças francesas como a Charolesa e a Limousine. São animais de grande corpulência, podendo os machos atingir os 1200 kg de peso vivo. Tem como característica uma estrutura óssea relativamente fina, para uma raça de grande porte (Ritchie, 2009). A raça Blonde d'Aquitaine varia na coloração da pelagem desde o quase branco até ao quase vermelho, havendo predominância do dourado, normalmente com anéis mais claros ao redor dos olhos, parte interior dos membros e ventre. A cabeça é longa e com formato triangular, com cornos claros na base e escurecendo até à ponta, havendo já animais mochos (British Blonde Cattle Society, 2014). A raça é extremamente bem adaptada ao pastoreio e a pastagens difíceis. Têm, como características reprodutivas, uma grande facilidade de partos uma vez que o corpo, alongado, consegue distribuir de uma forma mais uniforme o peso do vitelo, uma estrutura óssea fina e uma bacia larga que, anatomicamente, facilita o parto (American Blonde d'Aquitaine Association, 2014).

Os bovinos da raça Blonde d'Aquitane têm um rápido crescimento tanto em sistemas extensivos como em sistemas intensivos. O peso dos vitelos ao desmame é elevado, podendo atingir 270 kg aos 205 dias. O rendimento da carcaça também é

elevado pois apresentam um esqueleto composto por ossos finos e mais leves do que é habitual em raças de carne, e apresentam uma carcaça com pouca gordura de cobertura (Blonde d'Aquitaine.be). Por serem animais com uma coluna vertebral comprida, há um aumento de peças nobres na carcaça como, por exemplo, as peças de qualidade extra (acém redondo, vazia e o lombo). A eficiência alimentar é elevada, tendo um máximo de 6,5 kg de M.S. (matéria seca) de índice de conversão, havendo animais com um ganho médio diário (GMD) de 2 kg por dia (American Blonde d'Aquitaine Association, 2014).

3 - Sistemas de produção de bovinos de carne

Em Portugal são praticados diferentes sistemas de produção de bovinos de carne. As diferenças são observadas conforme a área geográfica e os objetivos da exploração. É possível distinguir duas fases distintas na produção nos bovinos de carne: a fase mãe e a fase filho.

A fase mãe é responsável pela manutenção da mãe e dos filhos até ao desmame. Esta fase tem então como principal objetivo a produção de um máximo de kg de vitelo, relativamente ao peso da vaca, da forma mais eficiente possível. Para se chegar a este objetivo, as mães devem estar bem adaptadas ao meio ambiente que as rodeia, serem sexualmente precoces e apresentarem boa fecundidade e fertilidade, ter facilidade de partos e um curto intervalo entre eles, um bom instinto maternal e uma elevada longevidade (Freire, 2012). Para tornar a fase mãe economicamente mais rentável, as fêmeas mais indicadas para sistemas de produção extensivos são as de raças autóctones, para serem utilizadas em linha pura ou em cruzamentos industriais, para a produção de descendentes F1 para abate, aproveitando a heterose materna e paterna, pois estão bem adaptadas ao clima nacional e têm um excelente instinto maternal. A concentração de partos é mais vantajosa para se criarem lotes mais homogêneos de vitelos, mais valorizados pelos compradores e facilitar o manejo da exploração. Para tal é necessário um controlo apertado do intervalo entre partos assim como da condição corporal pós-parto para diminuir o tempo de anestro (Quaresma, 2011; Freire, 2014).

A fase filho, que corresponde à fase de crescimento e engorda dos filhos após o desmame está associada à obtenção de carne para comercialização e pretende-se a produção de novilhos para abate (Vaz Portugal, 1991). Os animais nesta fase vão exibir as características produtivas herdadas dos pais e irão mostrar, face às condições ambientais e manejo da exploração, o ritmo de crescimento, o índice de conversão alimentar e os componentes da carcaça, a percentagem de osso, músculo e gordura (Gama, 2013). Existem três sistemas de produção na fase filho, conforme o produto final que se pretende obter: novilhos do tipo intensivo, tipo semi-intensivo ou tipo extensivo (Freire, 2012).

Na produção intensiva de novilhos pretende-se obter, num curto intervalo de tempo, animais prontos para abate. É um sistema que, para se tornar mais rentável, utiliza animais especializados na produção de carne e que utilizem de uma forma eficiente os alimentos ricos em energia e proteína que lhes são fornecidos. É

indispensável a utilização de concentrados comerciais, à base de milho, soja, “corn glúten”, e com complementação de uma fonte de fibra como a silagem de milho (Rodrigues, Pinto de Andrade & Várzea Rodrigues, 1997).

No sistema de produção semi-intensivo a produção não irá basear-se na distribuição de concentrados, a tempo inteiro, nem de forragens energéticas, mas irá debruçar-se na utilização de pastagens naturais ou semeadas como principal fonte alimentar dos animais, sendo suplementados apenas nas épocas de escassez de alimento (Quadro 1). Este sistema é finalizado com um período de acabamento. O crescimento destes animais será mais lento, quando comparado com sistema supra mencionado (Dias, 2008). Os animais nascidos no inverno chegam ao desmame com maior peso vivo, pois as mães apresentam maior capacidade leiteira como consequência da maior quantidade e qualidade da pastagem primaveril. Já os animais nascidos no verão apresentam um peso inferior na altura do desmame pois a disponibilidade alimentar é inferior, diminuindo a capacidade leiteira das mães (Rodrigues, Pinto de Andrade & Várzea Rodrigues, 1997).

Quadro 1 - Ganhos médios diários (kg/dia) de diferentes genótipos em sistema semi-intensivo, com desmame na época de outono/inverno (Adaptado de Dias, 2008)

Raça	Suplementação	Pastoreio	Acabamento	Total
Mertolenga	0,345	0,642	0,893	0,569
Charolesa x Mertolenga	0,410	0,940	0,913	0,696
Alentejana	0,413	0,991	1,239	0,791
Charolesa x Alentejana	0,515	1,128	1,445	0,925

O sistema de produção extensivo, Quadro 2, já não é muito comum em Portugal. Está mais associado a sistemas que utilizam raças autóctones que estão bem adaptadas às condições de produção nacional. Os animais são mantidos durante toda a sua vida em pastoreio mesmo em alturas de maior escassez. É o sistema cuja velocidade de crescimento é mais baixa de todas pois está intimamente relacionada com fatores extrínsecos ao Homem, o meio ambiente. A única diferença relativamente ao sistema semi-intensivo é que em vez de existir fase de acabamento existe mais um ano de pastoreio (Dias, 2008).

Quadro 2 - Esquema de uma engorda tipo extensivo (Adaptado de Dias, 2008)



A intensificação dos sistemas de produção pecuária e as constantes mudanças no modo de produção condicionam alterações nas necessidades nutricionais dos animais de produção e um constante ajustamento das dietas às necessidades energéticas, proteicas, minerais e vitamínicas (Ensminger & Perry, 1997). Antigamente os animais eram alimentados a partir de forragens e pastoreio durante a primavera, verão e outono e com feno de boa qualidade durante o inverno. Mais recentemente, alterações nas preferências do consumidor, maior preferência por animais mais novos, com menor teor de gordura e maior tenrura levaram a uma mudança de manejo e de marketing. Atualmente, a maioria dos animais são produzidos com o objetivo de serem abatidos com um máximo de 16 meses de idade, um período muito menor do que antigamente (Monteiro, 2014).

Na zona norte e centro os animais são abatidos normalmente antes dos 8 meses de idade, enquanto na zona sul são abatidos mais tardiamente, depois de ser realizada uma engorda (Freire, 2012).

4 - Alimentação em Bovinos

A energia é um dos potenciadores do desenvolvimento dos animais, como crescimento, lactação e reprodução. As necessidades energéticas dos animais dependem da idade, sexo, peso, estado fisiológico e meio ambiente. Para cobrir todas estas necessidades, os animais precisam de ingerir alimentos com elevada concentração de energia sendo, por isso, necessário trabalhar com um bom programa nutricional para os animais não entrarem em carências nutricionais. Várias medidas têm sido desenvolvidas com o objetivo de avaliar o conteúdo calórico dos alimentos fornecidos ou a quantidade de calorias necessárias para a manutenção, para a lactação, para o crescimento e gestação (NRC, 2000). Há que ter em conta vários tipos de energia. Energia bruta (EB) é a quantidade de energia libertada por um alimento quando sujeito a combustão, não distinguindo a energia que estará disponível ou não para o animal. A energia digestível (ED) consiste na energia bruta do alimento menos a energia perdida nas fezes, não contabilizando as perdas na urina, processos digestivos e metabolismo. A energia metabolizável (EM) é calculada através da subtração, à energia digestível, da energia perdida na urina e nos gases produzidos durante a digestão. Por fim, existe a energia net (EN), energia limpa, que corresponde à energia metabolizável menos a energia perdida sob a forma de calor durante a digestão.

Figura 14 - Esquematização da energia bruta (Adaptado de Cooke, 2010)

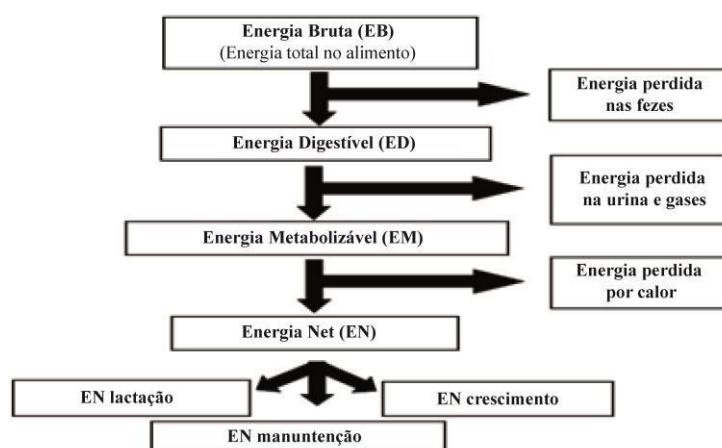
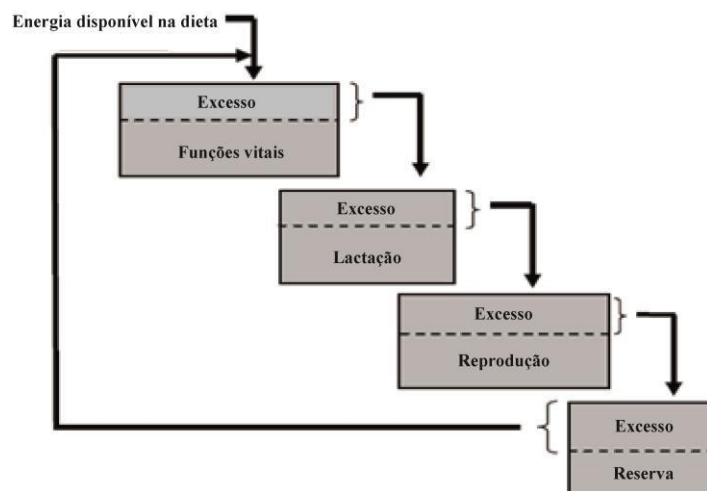


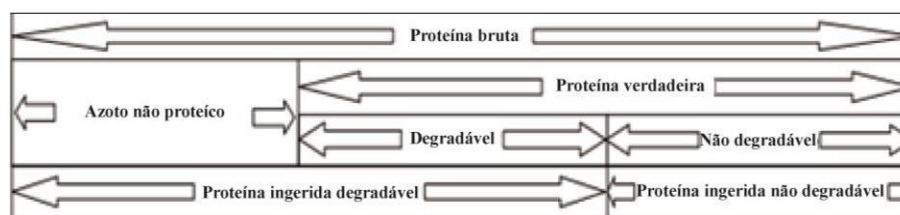
Figura 15 - Esquema da distribuição da energia fornecida na alimentação (Adaptado de Cooke, 2010)



Se a ingestão de energia for insuficiente para cobrir todas as necessidades dos animais durante um longo período de tempo, as reservas energéticas são mobilizadas e podem vir a esgotar-se. Sem uma distribuição correta de energia, a reprodução é o primeiro parâmetro a entrar em declínio. A vaca dá prioridade a si própria e às necessidades do vitelo, já parido, não gastando energia na gestação seguinte, adiando o reinício da atividade reprodutiva. Se esta diminuição de energia continuar, a lactação ficará fortemente afetada, chegando a recolher energia proveniente dos músculos, levando à deterioração do sistema imunitário e tornando-se mais suscetível a doenças (Cooke, 2010).

A proteína são moléculas de grandes dimensões, compostas por aminoácidos que diferem entre si pelo seu tamanho, forma, função, solubilidade e composição. Pelo menos 22 aminoácidos foram encontrados em proteínas e podem aparecer numa grande variabilidade de combinações formando diferentes proteínas (Ensminger & Perry, 1997). Os aminoácidos absorvidos pelos animais são fundamentais para a homeostasia do animal e para a aptidão produtiva dos bovinos (crescimento, reprodução e lactação). É necessário um cuidado acrescido neste parâmetro para não serem verificadas carências nos animais e manter o metabolismo basal. Os objetivos da nutrição azotada em ruminantes é fornecer uma quantidade adequada de proteína total respeitando o equilíbrio entre a proteína degradável e não degradável no rúmen para uma ótima atividade no rúmen (Cappelozza, 2010).

Figura 16 - Esquematisação dos diferentes tipos de proteína (Adaptado de Parish, 2009)



Os novilhos em crescimento necessitam diariamente de quantidades superiores de proteína bruta para suportar o crescimento muscular. Forragens, silagens e outros subprodutos distribuídos devem ser de muito boa qualidade, com o objetivo de atingir um valor ideal de 15% de proteína bruta na M.S.. Aumentos de peso diários são verificados quando se aumenta a concentração de proteína na dieta, no entanto, este aumento tem implicações económicas na exploração (Parish, 2009). A suplementação proteica deve aplicar-se quando os alimentos fornecidos têm carência de proteína, para não se verificarem atrasos no crescimento dos animais.

A produção de bovinos de carne deve maximizar a utilização dos recursos naturais locais disponíveis e promover a manutenção de fêmeas em condições de produtividade a um custo de produção baixo e competitivo (Vaz Portugal, 1990). O pastoreio é uma grande mais-valia quando se trabalha com esta espécie pecuária. Afirmar-se mesmo que a função dos bovinos é pastorear vastas áreas e converter eficientemente todo o alimento existente em músculo, com ou sem suplementação (Ensminger & Perry, 1997). O peso do vitelo ao desmame, por 100 kg de peso da mãe, deve ser um fator económico e produtivo a considerar e não apenas o peso do próprio vitelo. Os vitelos mais pesados podem levar a uma interpretação errada da eficiência produtiva da mãe, principalmente quando existem fatores limitantes, como a quantidade de terra (Vaz Portugal, 1990).

Em Portugal, os sistemas de produção de carne podem considerar duas épocas de parição principais: a tradicional, de verão, que ocorre normalmente entre agosto e outubro e a de inverno, que ocorre normalmente entre janeiro e março. Estas duas épocas visam aproveitar diferentes características do sistema de produção. Os partos de verão visam produzir vitelos para desmamar antes da primavera, para que os vitelos possam ser acabados no pasto na própria exploração (com um custo de acabamento baixo) ou serem vendidos na época de maior procura (com um valor superior ao obtido noutras épocas do ano) (Quaresma, 2011). Os partos de inverno visam aproveitar a capacidade leiteira da mãe e o crescimento dos vitelos durante a amamentação, que decorre durante a primavera. Neste sistema de produção, os vitelos são vendidos após o desmame para sistemas de engorda intensiva (Quaresma, 2011).

Normalmente, as parições de verão são menos vantajosas para a produção de leite, verificando-se ao desmame um peso dos vitelos mais baixo, quando comparado com a outra época (Rodrigues *et al*, 1997).

Os bovinos são animais que estão extremamente bem adaptados aos sistemas extensivos e ao aproveitamento de alimentos mais pobres, como os restolhos de cereais e outros alimentos fibrosos, devido à anatomia dos compartimentos gástricos e à população microbiana que intervém na digestão da fibra vegetal (Ensminger & Perry, 1997). A principal diferença entre ruminantes e monogástricos é a existência de vários compartimentos gástricos e a microflora aí existente, constituída principalmente por bactérias e protozoários. O rúmen fornece ambiente adequado ao desenvolvimento microbiano, permitindo uma taxa de multiplicação muito elevada. Podem existir até 100 mil milhões de bactérias e protozoários por cada 100 gramas de matéria seca de conteúdo ruminal. Estes micro-organismos degradam, com enzimas específicas, a celulose e outros componentes da parede celular vegetal (hemicelulose) aumentando o valor nutricional de alimentos fibrosos tais como forragens. No rúmen há a produção de ácidos gordos voláteis como resultado de uma fermentação anaeróbia dos hidratos de carbono. Os ácidos mais importantes produzidos são o ácido acético, o propiónico e o butírico. Estes ácidos são a principal fonte de energia para os ruminantes, enquanto no caso dos animais monogástricos a principal fonte de energia é a glucose (Neumann & Lusby, 1986). Para além da capacidade de utilizar os hidratos de carbono complexos da parede celular vegetal, os ruminantes têm ainda a capacidade de utilizar fontes de azoto não proteico, dando-lhes uma vantagem no aproveitamento de alimentos de baixo valor nutricional quando comparados com animais monogástricos (Falcão, 2012).

Os quatro compartimentos digestivos existentes nos ruminantes são o rúmen, o retículo, o omaso e o abomaso, todos eles com funções e fisiologias distintas. O rúmen tem como grande função o armazenamento de alimentos e a fermentação destes. Há um fluxo contínuo de entrada de alimento e saliva que controla o pH, pela ação tampão exercida pelo bicarbonato de sódio, mantendo as populações de bactérias, protozoários e leveduras constantes. Estes micro-organismos são responsáveis pela digestão dos alimentos fibrosos e sintetizam aminoácidos, proteínas complexas, vitaminas do complexo B e ácidos gordos voláteis que são absorvidos diretamente do rúmen para a corrente sanguínea (Neumann & Lusby, 1986). O retículo é o segundo compartimento digestivo dos ruminantes e tem uma importante função da separação do conteúdo ruminal. Devido a contrações bifásicas consegue separar o material mais grosseiro para ser novamente regurgitado e mastigado, e permite a passagem do

material mais fino para o omaso. Na segunda contração, permite a entrada de novo material proveniente do rúmen (Codron & Clauss, 2010). O omaso é o terceiro compartimento digestivo dos ruminantes e tem como função desidratar os alimentos para facilitar a digestão. Por fim, o abomaso, ou o verdadeiro estômago, pois a fisiologia é muito semelhante à de um estômago de monogástrico, tem como função digerir propriamente os alimentos através da inclusão de sucos gástricos, repleto de ácido clorídrico e pepsina (Neumann & Lusby, 1986; Ensminger & Perry, 1997).

5 - Ingestão de Matéria Seca

O cálculo da capacidade de ingestão nos bovinos não é fácil, pois existem inúmeros fatores que podem levar a um aumento ou a uma diminuição da ingestão por parte dos animais, como a percentagem de gordura, a idade, o sexo, o estado fisiológico, o manejo, o meio ambiente e até mesmo o fotoperíodo (NRC, 2000). Com o avançar da idade, os bovinos vão depositando gordura no corpo e crê-se que esse facto terá um efeito negativo na ingestão de alimento. Foi estimado que por cada 1% de gordura armazenada há uma diminuição de 2,7% de ingestão. A idade com que o animal vai para o acabamento também pode influenciar a capacidade de ingestão. Animais mais velhos têm maior capacidade de ingestão, quando comparados com animais mais novos (NRC, 2000).

A influência do fotoperíodo não é tão bem compreendida como a influência da temperatura, mas acredita-se que tenha importância no comportamento alimentar dos animais. Num estudo realizado com touros, novilhos e novilhas de raça Vermelha Dinamarquesa verificou-se um aumento de 0,32% de ingestão por hora com o aumento do número de horas diárias de luz (Ingvarsen, Andersen & Foldager, 1992b). Para melhor se compreender o efeito do fotoperíodo seria necessária a realização de estudos semelhantes em diferentes latitudes. A domesticação dos bovinos removeu o efeito da sazonalidade, pelo menos a título reprodutivo, mas alterações hormonais podem condicionar um aumento do apetite, ou com o aumento do fotoperíodo pode haver uma maior produção de erva fresca e isso condicionar um aumento de apetite.

O manejo da exploração, a nível alimentar, tem também importância quando se procura estudar a capacidade de ingestão dos animais. Animais em pastoreio têm maior capacidade de ingestão de matéria seca quando a pastagem possui pelo menos 2250 kg de matéria seca por hectare de terreno, tendo-se verificado uma diminuição de 40% desta capacidade de ingestão em pastagens com 2000 kg de matéria seca por hectare (NRC, 1987). Se os alimentos forem fornecidos moídos, pode haver alterações na quantidade ingerida, mas isso depende do alimento em questão. No caso das forragens, uma moagem fina pode levar a um aumento da ingestão, pois melhora a passagem no trato digestivo (Galyean & Goetsch, 1993). No caso dos concentrados, uma moagem fina leva a diminuições de ingestão. Os alimentos ensilados têm pouco efeito na ingestão diária, a menos que a silagem esteja demasiado húmida ou demasiado seca ou que tenha tido uma má fermentação (NRC, 1987).

6 - Conversão do Músculo em Carne

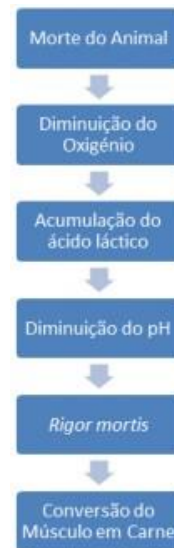
As funções vitais do sistema muscular não cessam no momento da morte do animal. Há modificações bioquímicas e estruturais que ocorrem após o abate. As modificações bioquímicas e estruturais ocorrem simultaneamente e são dependentes dos tratamentos *antemortem*, do processo de abate e das técnicas de armazenamento da carne (Matos, 2013).

A carne é obtida através da transformação do músculo esquelético. A conversão da energia química em mecânica, em vida, é obtida através dos sarcômeros. Após o abate do animal, este músculo sofre um conjunto de alterações químicas e bioquímicas que o transformam em “carne”. O músculo esquelético torna-se, então, uma estrutura isolada, terminando a suplementação de oxigênio e o fornecimento de nutrientes exógenos, o que leva a um colapso osmótico (Matos, 2013). Com o fim do fornecimento de oxigênio há uma diminuição da capacidade de oxirredução que leva à utilização da via da glicólise anaeróbia para a síntese da ATP, levando ao *rigor mortis*. A síntese de ATP é necessária para manter o músculo num estado de relaxamento, e a formação contínua de “pontes cruzadas” de actomiosina ocorre quando o nível de ATP diminui, levando ao *rigor mortis* (Lefaucher, 2010). A transformação do músculo em carne tem início na abertura dos canais de íon cálcio (Ca^{2+}) com a subsequente ativação das ATPases, a modificação das concentrações dos nucleótidos de adenina e a degradação do glicogênio. A velocidade do consumo de ATP determina a velocidade de degradação do glicogênio e como consequência a formação do produto final do metabolismo anaeróbio, o ácido láctico. O pH da carne diminui ocorrendo alterações proteolíticas da carne, que irá levar à maturação da carne (Lee, Joo & Ryu, 2010). A queda do pH ocorre devido à liberação de íons H^+ quando ocorre a redução do piruvato a lactato. O estabelecimento do *rigor-mortis* está intrinsecamente relacionado com o valor de pH iniciando-se mais rapidamente e tendo uma maior duração quando o pH inicial é mais alcalino quando comparado com pH mais ácido (Roça, 2014). Este estado ou rigidez cadavérica atinge-se quando se esgotam todas as reservas de ATP. Durante o desenvolvimento do *rigor mortis* é observável uma acumulação de ácido láctico que leva a uma diminuição do pH da carne (Ryu, Choi, Lee, Shin, Choe, Kim, Kim, 2008).

Se o pH no músculo for reduzido enquanto a temperatura ainda está elevada haverá uma maior desnaturação das proteínas, uma cor mais pálida da carne e uma

pior capacidade de retenção da água, PSE (*Pale Soft and Exudative*). Por outro lado, se o abaixamento do pH for demorado, a temperatura não diminuir rapidamente e a carne resultante será de cor escura, firme e seca, DFD (*Dark Firm and Dry*) (Monteiro, 2008).

Figura 17 - Representação esquemática da conversão do músculo em carne (Fonte: Ribeiro, 2013).



Durante a conversão do músculo em carne ocorrem várias mudanças: gasto total de todas as reservas de energia, mudança de metabolismo aeróbio para anaeróbio e produção de ácido láctico, que irá resultar num abaixamento de pH para valores compreendidos entre 5,4 e 5,8. O aumento da força iônica devido à escassez de ATP é consequência da dependência das bombas de cálcio, sódio e potássio para funcionar (Huff-Lonergan, Zhang & Lonergan, 2010).

A carcaça constitui o produto final, através do qual se estabelece a principal valorização dos bovinos. Segundo o Regulamento (CE) nº 1183, de 24 de julho de 2006, entende-se por carcaça de bovino: o corpo inteiro do animal abatido após as operações de sangria, de evisceração e esfolagem. A carcaça apresenta-se: sem cabeça e sem as extremidades, sem órgãos contidos nas cavidades torácica e abdominal, bem como a gordura da bacia e sem os órgãos genitais e os músculos contíguos, sem úbere e sem gordura mamária. Entende-se por meia carcaça o produto obtido por separação da carcaça segundo o plano mediano que passa pelo meio de cada vértebra cervical, dorsal, lombar e sacral, pelo meio do esterno e da sínfise isquiopúbica obtendo-se o antímero esquerdo e direito.

As carcaças de bovinos podem ser divididas em cinco diferentes categorias:

A – Carcaças de machos, não castrados, com menos de dois anos;

B – Carcaças de outros machos, não castrados;

C – Carcaças de machos castrados;

D – Carcaças de fêmeas já paridas;

E – Carcaças de outras fêmeas;

Vitela LA/V – idade inferior a 8 meses;

Vitelão LO/Z – idade entre os 8 e os 12 meses.

A classificação das carcaças é obtida através da avaliação da conformação e do estado da gordura. A avaliação da conformação tem como base a grelha SEUROP, valorizando-se o desenvolvimento muscular. O estado de gordura, classifica-se de acordo com uma escala de 1 até 5 em função da gordura exterior da carcaça e na parte interna da cavidade torácica.

As peças das carcaças podem também ser catalogadas como categoria extra, de primeira, de segunda e de terceira (Quadro 3). As peças extra são as que apresentam maior valor comercial, baixando até chegar à última categoria. É no quarto posterior que se encontra a maioria das peças com valor comercial superior, as peças extra e de primeira categoria.

Quadro 3 - Categorias comerciais das peças de talho considerando que a meia carcaça é cortada entre a 13ª vértebra torácica e a 1ª vértebra lombar (Adaptado de Cruz, 2013).

Categoria				
Quarto	Extra	Primeira	Segunda	Terceira
Anterior	Acém redondo	Acém comprido e Pá	Cachaço e Chambão da mão	Peito e Aba das costelas
Posterior	Lombo e Vazia	Pojadouro, Chã de fora, Alcatra, Ganso redondo e Rabadilha	Chambão da perna e Aba descarregada	-

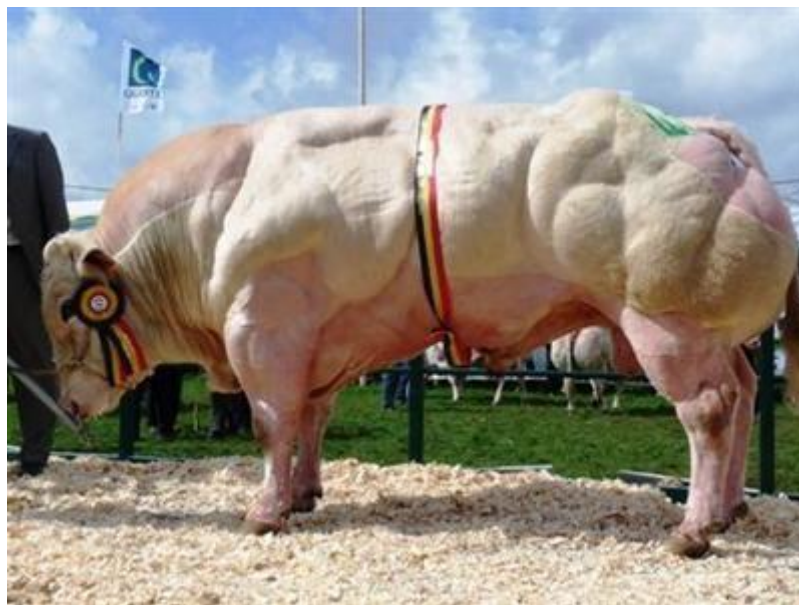
7 - Qualidade da Carne

O tópico da qualidade da carne é um tópico multidisciplinar, podendo ser abordado sob diferentes perspectivas, por exemplo, qualidade na ótica do consumidor, em termos nutricionais, em termos sanitários, no ponto de vista tecnológico e industrial.

No que diz respeito à carne, o consumidor dá especial importância às características organoléticas e nutricionais. Mais especificamente à cor, tenrura, sabor, suculência, frescura, salubridade e valor nutricional (Grunert, 1997). Uma boa refrigeração e conservação dos alimentos é uma premissa para o desenvolvimento das características desejadas. Contudo, a carne é um alimento com uma identidade muito própria, uma vez que a carne se forma a partir do tecido muscular dos animais.

Apesar da tenrura e sabor da carne serem melhoradas com a maturação da carne, isso implica aumentar o período de armazenamento no frio, o que condiciona negativamente a cor e a suculência da carne (Ouali, Herrera-Mendez, Coulis, Becilia, Boudjellal, Aubry, Sentandreu, 2006). O consumidor comum tem vindo a aumentar a procura de carne “magra” nos mercados, devido a todo um conjunto de campanhas e recomendações nutricionais de que as gorduras saturadas são prejudiciais à saúde humana por aumentar o risco de obesidade, doenças cardiovasculares, cancro (Trevisan, 2008). Com esta procura todo o setor da carne se focou numa diminuição do teor de gordura nos animais enviados para abate, nas carcaças processadas em matadouro e nas peças de carne colocadas à venda. Paralelamente selecionaram animais que conseguissem produzir carcaças com maior desenvolvimento muscular em detrimento da deposição de gordura, tendo-se chegado a um máximo de musculatura e a um mínimo de gordura com o aparecimento do *Bleu Blanc Belge* ou simplesmente BBB. Esta diminuição da quantidade de gordura nas carcaças pode levar ao escurecimento da carne, ao aumento da força de corte e à diminuição do sabor, como estudos têm vindo a demonstrar (Cameron, Nute, Brown, Enser & Wood, 1999). Podemos pois afirmar que a preocupação dos consumidores com o teor e a composição da gordura levou à escolha de animais com uma genética menos favorável à deposição de gordura e ao abate de animais mais novos.

Figura 18 - Touro da raça Bleu Blanc Belge, “Okapi” (BBB) (Fonte: www.web-agri.fr, 2015)



O comportamento do consumidor atual, no ato da compra, é também influenciado pela origem, aparência, valor nutricional, impactos na saúde e nas características sensoriais do alimento. A qualidade de carne de bovino é altamente afetada por diversos parâmetros como a raça (Chambaz, 2001), a nutrição (Barton *et al.*, 2010), o manejo *antemortem*, o tempo de maturação (Campo, Sañudo, Panea, Alberti, Santolaria, 1999) e os métodos culinários utilizados (Panea, Sañudo, Olleta, Civit, 2008).

A coloração da carne pode ser quantificável utilizando para o efeito um colorímetro e a escala CIELAB. A escala CIELAB permite avaliar três parâmetros: a luminosidade (L^*), ou seja, a capacidade da carne refletir a luz incidente, a intensidade dos vermelhos (a^*) cuja escala se inicia no -60 (verde) e atinge o seu máximo no +60 (vermelho) e a intensidade dos amarelos (b^*) cuja escala mede do -60 (azul) ao +60 (amarelo) (Bureš & Bartoň, 2012).

Quadro 4 - Diferentes parâmetros analisados na qualidade da carne proveniente de musculus longissimus lumborum (Adaptado de Bureš & Bartoň, 2012)

	Novilhos	
	14 Meses	18 Meses
Gordura	4.8	6.8
Gordura Interna (g/kg carcaça)	23.7	25.6
pH₂₄	5.44	5.49
L*	43.2	45.4
a*	13.7	13.1
b*	13.9	13.9

Todos os parâmetros acima referidos no Quadro 4 (L*, a*, b*) refletem características intrínsecas do produto como a frescura, quantidade de mioglobina, quantidade de gordura, tempo de corrida após o abate, capacidade de retenção da água, entre outros (Rosenvold e Andersen, 2003). A homogeneidade do produto, a qualidade da gordura, a estabilidade oxidativa e a composição em ácidos gordos estão mais relacionados com a alimentação fornecida e com o genótipo dos animais enquanto a capacidade de retenção da água e a cor são afetados por todos os parâmetros referidos. A qualidade da carne, do ponto de vista industrial, incide principalmente na cor, na capacidade de retenção da água que irá influenciar posteriormente a suculência e a tenrura da carne (Rosenvold & Anderson, 2003).

No ato de compra, o consumidor avalia a qualidade de carne, usando a cor da mesma, como principal parâmetro. Peças de carne que tenham perdido a aparência fresca e apresentem um coloração mais escura e/ou acastanhada são discriminadas pelos consumidores (Gray, Gomaa & Buckley, 1996). Tempo de prateleira é o termo utilizado no comércio para designar o tempo de vida útil de um produto perecível através da cor, odor e sabor (Delmore, 2009). Para fornecer ao consumidor carne com as características ideais, esta tem de apresentar tons de vermelho brilhante com boa durabilidade (Kerry, Buckley & Galvin, 2000). A cor da carne é determinada principalmente pela quantidade e estado químico dos pigmentos de hemoglobina e mioglobina. A concentração desta no músculo depende da genética do animal, do manejo e da disponibilidade de ferro na dieta fornecida. No entanto, o parâmetro que mais influencia a cor da carne é o pH último que é determinado pelo conteúdo de glicogénio no momento do abate.

8 - Composição do Músculo e da Carne

As fibras musculares do músculo esquelético têm forma cilíndrica e ocupam todo o comprimento do músculo, no seu conjunto representam entre 75 a 92% do volume total do mesmo e são compostas por miofibrilas, que contêm as unidades contráteis, os sarcômeros (Monteiro, 2008).

No geral, existem três tipos de fibras musculares diferentes: 1) oxidativas de contração lenta (tipo I); 2) de contração rápida glico-oxidativas (tipo IIA); e 3) contração rápida glicolítica (tipo IIB). Este tecido é constituído por três grupos de proteínas, classificadas pela sua solubilidade e a sua localização no tecido muscular. Estes três grupos são representados pelas proteínas sarcoplasmáticas, miofibrilares e do estroma (Lee, Joo, Ryu, 2010). As fibras do músculo-esquelético variam entre 10 a 100 µm de diâmetro e as diversidades existentes podem ser atribuídas a várias características como a seleção, sexo, idade, raça, hormonas e atividade física dos animais sendo, por isso, importante compreender como é que estas características afetam o metabolismo do músculo *ante e post-mortem* e as consequentes implicações na qualidade final da carne (Lefaucheur, 2010).

Num único músculo, diferentes proporções de fibras musculares são observadas entre indivíduos de diferentes espécies e até mesmo em indivíduos da mesma espécie (Schiaffino & Reggiani, 2011); diferentes músculos do mesmo indivíduo também apresentam uma composição de fibras musculares diferente.

A principal diferença entre os tipos de fibra muscular encontra-se no tipo de metabolismo, podendo este ser do tipo aeróbio (oxidativo), anaeróbio (glicolítico) ou intermédio. As fibras vermelhas (tipo I) predominam no metabolismo aeróbio e por isso possuem maior quantidade de mitocôndrias e mioglobina. Nas fibras brancas (tipo II) predomina o metabolismo anaeróbio possuindo menor número de mitocôndrias, mioglobina e sarcoplasma. As fibras tipo I possuem diâmetro inferior quando comparadas com as do tipo II, associadas a esforços contínuos e com maior irrigação sanguínea enquanto as do tipo II estão associadas a ações rápidas (Suzuki & Tamate, 1988).

Histologicamente, o tecido muscular é constituído principalmente por miofibrilas, tecido adiposo e tecido conjuntivo em quantidades variáveis e por pequenas proporções de tecido nervoso e vascular (entre outros). Todos estes constituintes

contribuem para uma composição média de 75% de água, 19% de proteína, 3,5% de substâncias não proteicas solúveis e 2,5% de gordura (Lawrie, 2005).

Relativamente às proteínas, a proteína animal apresenta um valor biológico superior relativamente à proteína vegetal, fornecendo todos os aminoácidos essenciais ao Homem, referenciados no Quadro 5 (Wu, 2009). A proteína animal tem uma digestibilidade mais elevada, cerca de 94%, quando comparada com o feijão, 78%, e com o trigo, 86% (Bhutta, 1999). É constituída por proteínas sarcoplasmáticas, miofibrilares, tecido conjuntivo e organelos (Lawrie, 2005).

Quadro 5 - Aminoácidos essenciais e não essenciais à dieta humana (Adaptado de Wu, 2009)

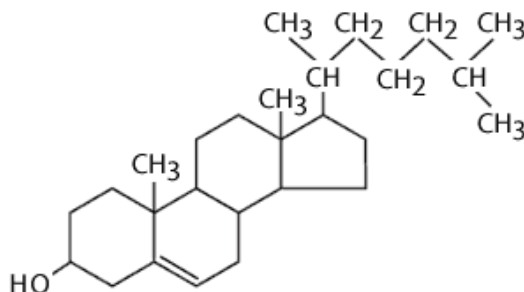
Aminoácidos Essenciais	Aminoácidos não Essenciais
Isoleucina	Alanina
Leucina	Asparagina
Lisina	Arginina
Metionina	Cisteína
Triptofano	Ácido aspártico
Treonina	Ácido glutâmico
Valina	Prolina
Fenilalanina	Histidina
	Tirosina
	Serina
	Glicina
	Glutamina

A fração lipídica da carne apresenta duas funções primordiais: o armazenamento de energia e função estrutural. Os lípidos com funções estruturais são representados principalmente pelo colesterol e fosfolípidos, enquanto as reservas energéticas são representadas, na sua grande maioria, pelos triacilgliceróis, armazenados nos adipócitos e nas fibras musculares oxidativas. A gordura intramuscular é constituída pelos ácidos gordos presentes nos adipócitos e nas fibras musculares de tipo oxidativo (Raes, De Smet & Demeyer, 2004).

O colesterol é um esteróide que está presente em todos os alimentos de origem animal, é responsável pela fluidez e permeabilidade da membrana celular e é um precursor de vários compostos biológicos como os ácidos biliares, vitamina D₃ e

hormonas esteroides, sendo sintetizado principalmente no fígado (Hur, Park & Joo, 2007).

Figura 19 - Fórmula química de uma molécula de colesterol



A quantidade de colesterol presente na carne de bovino pode variar pois está relacionada com muitos fatores como a maturidade do animal, grau de marmoreado, espessura da gordura subcutânea, raça do animal, nível energético da dieta fornecida e sistema de alimentação usado (Dinh, Thompson, Galyean, Brooks, Patterson & Boylan, 2011).

Os ácidos gordos são os principais componentes estruturais dos fosfolípidos membranares e dos triacilgliceróis armazenados nos adipócitos e fibras musculares, sendo por isso em termos nutricionais o componente mais importante da fração lipídica. Estes podem ser divididos em diferentes grupos, de acordo com a dimensão da cadeia carbonada. Podem ser divididos em ácidos gordos de cadeia curta, que possuem entre 2 a 6 átomos de carbono na sua constituição; nos de cadeia média, que possuem 8 a 10 átomos de carbono, nos de cadeia longa que possuem entre 12 a 24 átomos de carbono na sua estrutura e nos de cadeia muito longa, com mais de 25 carbonos (FAO, 2008). Mais de 1000 ácidos gordos são conhecidos, mas apenas 20 ou menos são encontrados em quantidades significativas em óleos e gorduras com importância comercial sendo os mais importantes o palmítico (C16:0) e o esteárico (C18:0). Os ácidos gordos são biologicamente importantes para as células, sobretudo por participarem na sua organização estrutural e por serem uma fonte de energia. Os ácidos gordos podem ainda ser divididos de acordo com o tipo de ligações químicas existentes entre os átomos de carbono: os saturados (com ligações simples, exclusivamente), monoinsaturados (uma ligação dupla) e polinsaturados (com duas ou mais ligações duplas).

O ácido oleico é um exemplo de ácido gordo monoinsaturado que é sintetizado pelos mamíferos, e os ácidos linoleico e linolénico não são sintetizados pelos mamíferos sendo, por isso, essenciais na alimentação. A carne de bovino é uma fonte

ácidos gordos saturados, como os ácidos laurico (C:12:0) e o mirístico (C:14:0) que estão relacionados com problemas para a saúde humana. Estes dois ácidos são responsáveis pelo aumento dos níveis do colesterol sérico (LDL). O ácido palmítico é um ácido gordo saturado com uma grande presença na carne de bovino e está demonstrado que este ácido aumenta significativamente a concentração de LDL (deMan, 1999). Com este aumento há um aumento do risco de doenças cardiovasculares, aterosclerose e enfartes do miocárdio. Outro ácido gordo saturado existente na carne de bovino é o ácido esteárico contudo, ao contrário dos ácidos gordos acima referenciados este não faz aumentar o nível de colesterol e, conseqüentemente, não aumenta o risco de doenças no Homem.

Os ácidos gordos monoinsaturados são ácidos gordos que possuem na sua estrutura uma ligação dupla entre carbonos (C=C) (MUFA). Estes ácidos possuem um ponto de fusão intermédio, sendo inferior ao dos ácidos gordos saturados e superior ao dos ácidos gordos polinsaturados. O principal ácido gordo monoinsaturado é o ácido oleico (C18:1n-9). Estudos comprovaram que a substituição de hidratos de carbono por MUFA aumenta a concentração de HDL e sensibilidade à insulina enquanto a substituição dos SFA por MUFA diminui a concentração de LDL no organismo. A determinação da ingestão de MUFA é calculada pela diferença entre o total de ácidos gordos e a concentração dos SFA, PUFA e TFA (FAO, 2008).

Devido ao aumento da preocupação relativa à influência dos ácidos gordos ao nível da saúde humana tem-se tentado manipular as proporções existentes destes constituintes na carne de bovino de modo a torna-la mais saudável. Tem-se focado no aumento dos n -3 PUFA e do ácido linoleico conjugado CLA e na diminuição do n - 6 PUFA. A carne proveniente de animais acabados em pastoreio apresenta valores mais elevados de n -3 PUFA quando comparados com os animais acabados com uma alimentação predominante em concentrado (Bas *et al.*, 2007).

Os ácidos gordos polinsaturados mais importantes e com maior expressão na carne de bovino são os ácidos linoleico (C18:2n-6), alfa-linolénico (C18:3n-3), araquidónico (C20:4n-6) e o eicosapentanóico (C20:5n-3). Estes ácidos gordos têm uma expressão muito menos significativa quando comparados com os ácidos gordos saturados supra referidos (Rayburn & Lozier, 2003).

O ácido linoleico e o alfa-linolénico são ácidos gordos presentes nas plantas, que, depois de ingeridos pelos ruminantes, são transformados em CLA através das bactérias presentes no rúmen. CLA é um termo coletivo que descreve uma mistura de isómeros posicionais e conjugados do ácido linoleico envolvendo uma ligação dupla

no oitavo e décimo carbonos, ou no nono e décimo primeiro, ou no décimo e décimo segundo ou no décimo primeiro e décimo terceiro. Cada um destes isômeros pode ocorrer na forma cis-trans, trans-cis, cis-cis ou trans-trans (FAO. 2008). Em amostras de carne e de leite, as formas predominantes são a cis9-trans11 e a cis10-trans12. Como as plantas não sintetizam CLA, a carne de ruminante e o leite são as principais fontes para a dieta humana. Estudos realizados concluíram que os CLA têm um efeito positivo na diminuição de doenças cardiovasculares, proteção contra aterosclerose, anticancerígeno e melhora o sistema imunitário dos seres humanos (Rayburn & Lozier, 2003).

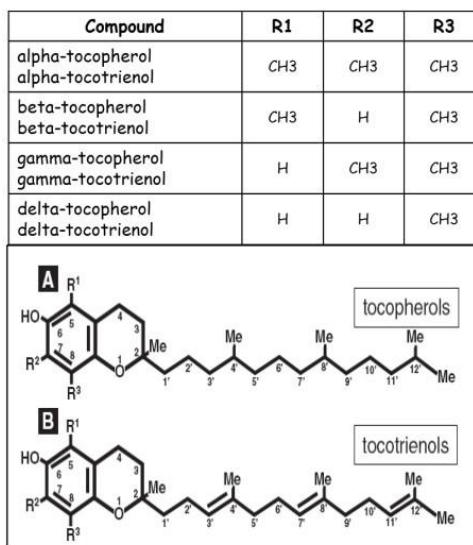
Têm sido realizados inúmeros estudos, com resultados positivos, relativamente à manipulação das quantidades e proporções de ácidos gordos essenciais (EFA), PUFA e no rácio n-6/n-3 na carne (Raes, De Smet & Demeyer, 2004). Este controlo, em animais monogástricos, é quantitativa e praticamente falando, mais significativa que no caso dos ruminantes, porque nestes últimos ocorre uma extensa biohidrogenação no rúmen que leva à formação de ácidos gordos saturados. A proporção e rácio dos ácidos gordos de cadeia longa n-3 têm sido aumentados, até 1g/100g de gordura total) através da inclusão de óleo de peixe (até 2% na dieta), de farinha de peixe (150-200g M.S./animal/dia) e de óleo de linhaça (até 2% na dieta). Óleos vegetais como o óleo de soja, de gérmen de trigo e colza são boas fontes de ácido linoleico (C18:2n-6). Este ácido é um dos PUFA mais abundantes, principalmente em animais alimentados à base de concentrados.

Tendo em consideração o elevado número de ácidos gordos presente em produtos de origem animal torna-se complexo avaliar os seus efeitos na saúde humana e, por essa razão, foram desenvolvidos vários índices para facilitar a análise do perfil de ácidos gordos. O índice da aterogenicidade relaciona os diferentes efeitos dos ácidos gordos na saúde humana, nomeadamente o efeito aterogénico. O índice de trombogenicidade considera o efeito trombogénico resultante da relação entre os diferentes efeitos na saúde humana dos vários ácidos gordos (Pestana, Costa, Alves, Martins, Alfaia, Bessa, Prates, 2012). Os efeitos funcionais dos ácidos gordos, ao nível das lipoproteínas, estão interligados com o índice hipo/hipercolesterolémico (h/H). Este índice permite uma melhor avaliação da gordura, uma vez que alguns ácidos gordos não aumentam o colesterol plasmático, e considera também o efeito dos ácidos gordos monoinsaturados. Esta determinação é importante pois os ácidos gordos hipocolesterolémicos diminuem o colesterol-LDL (lipoproteína de baixa densidade) (Patarra, 2008). Para este índice, está estipulado que carne com valores superiores a 2,0 é uma carne com uma composição de ácidos gordos desejável no aspeto

nutricional pois é composta, na sua maioria, por ácidos gordos hipocolesterolémicos, que consequentemente diminuem o risco de doenças cardiovasculares (Barros, 2011). Os ácidos gordos insaturados são afetados pela peroxidação o que resulta numa diminuição da qualidade nutricional dos alimentos, consequência da oxidação dos mais suscetíveis (PUFA), tendo sido por isso criado o índice de peroxidação (Bosco, 2013).

A vitamina E é um termo geral que inclui 4 tocoferóis (α -, β -, γ - e δ -) e 4 tocotrienóis (α -, β -, γ - e δ -). Tocoferóis e tocotrienóis apresentam uma estrutura similar composta por uma estrutura aromática (cromanol) e uma cadeia carbonada, que é saturada (fitil) no caso dos tocoferóis e insaturada (isoprenóide) no caso dos tocotrienóis (Schneider, 2005), a vitamina E é lipossolúvel e é um poderoso antioxidante com um papel importante na proteção das membranas celulares (Haliwell, 1987). Embora a forma mais comum de vitamina E presente na carne seja o α -tocoferol, existem, no entanto, outros homólogos em menores quantidades. Esta vitamina tem a capacidade de eliminar radicais livres e proteger os fosfolípidos e o colesterol da oxidação, potenciar a imunidade individual, salvaguardar a cor, sabor e valor nutricional da carne durante o armazenamento (Monteiro, 2012). É de esperar uma melhor cor e uma menor predisposição à oxidação na carne de animais de pastoreio, sendo também observado em animais acabados com dietas ricas em grão, com suplementação de vitamina E, uma vez que os animais que engordaram em boas pastagens têm uma concentração mais elevada de vitamina E nos músculos (Arnold, Scheller, Arp, Williams, Buege, Schaefer, 1992).

Figura 20 - Esquema químico da vitamina E (adaptado de Quaresma *et al.*, 2008)



9 - Hidroponia

A palavra hidroponia deriva da conjugação de duas palavras gregas, *hydro*, que significa água, e *ponos*, que significa trabalho. Portanto é possível afirmar que a definição de Hidroponia é o trabalho da água. Definições mais recentes admitem que hidroponia é a ciência de produzir plantas em soluções ricas em nutrientes ou em misturas de materiais inertes, em vez de solo (Webster's New World College Dictionary, 1999).

O termo Hidroponia envolve a produção agrícola sem utilização de solo. Os primeiros indícios da produção de biomassa vegetal sem a utilização de solo é uma prática que remonta ao tempo dos Aztecas, com os jardins flutuantes, perto do México. Apesar disso, o termo hidroponia, os primeiros textos científicos e os primeiros livros publicados sobre a Hidroponia apareceram no início do século XX e são da autoria do Professor W. F. Gericke da Universidade da Califórnia. A hidroponia suscitou interesse durante a 2ª Guerra mundial. Nesta altura, foram instaladas muitas estufas em várias ilhas no Pacífico, focadas na produção hidropónica, com o objetivo de fornecer aos militares vegetais frescos. Mais recentemente, a partir da década de 80, as estufas hidropónicas adquiriram um grande interesse comercial para produção de produtos hortícolas e flores e, em 2004, existiam mais de 22 mil hectares de estufas hidropónicas, espalhadas por todo o globo. Os vegetais com maiores produções são tomate (68%), pepino (15%) e pimentos (17%) (Benton, 2005).

Existem, no entanto, inúmeras possibilidades de produção de biomassa vegetal, que variam de país para país e até mesmo entre regiões. A maioria tem provado funcionar, apresentando boas produções e crescimento rápido das plantas. No entanto, existe uma significativa diferença entre sistema que funciona e um sistema que é economicamente viável.

A maioria dos livros escritos sobre este tema, fazem crer ao leitor que os sistemas de produção livres de solo são relativamente livres de problemas (Jensen, 1997). Jensen afirma mesmo, num artigo publicado que “hydroponic culture is an inherently attractive, over simplified technology, which is far easier to promote than to sustain. Unfortunately, failures far outnumber the successes, due to management inexperience or lack of scientific and engineering support.” Na realidade, estudos efetuados indicam que as estufas hidropónicas requerem atenção a pequenos detalhes e formação dos

trabalhadores. A maioria das estufas não são de fácil utilização por pessoal não qualificado (Benton, 2005). Em 1981, Jensen enumerou, para esta prática uma listagem de vantagens e desvantagens e muitas delas ainda são aplicáveis às estufas desenvolvidas no início do século XXI.

Entre as vantagens descritas sobressaem as seguintes: culturas podem ser produzidas onde não existe solo ou onde o solo está demasiado degradado e/ou contaminado, máximas produções são possíveis, em espaços muito mais reduzidos, devido à elevada densidade, a possível reutilização da água, diminuindo os custos e a poluição ambiental, a redução do tempo dispensado a cultivar, fumigar, regar e outras atividades tradicionais são eliminadas devido ao automatismo das estufas. Todavia, existem também muitas desvantagens a ter em conta, a construção original por hectare é muito elevada, a necessidade de pessoal qualificado para trabalhar, para que se diminuam possíveis perdas produtivas, rápida transmissão de doenças entre os tabuleiros dado ser um sistema totalmente fechado, as plantas têm de ser observadas diariamente pois as reações à boa ou má qualidade dos nutrientes são visíveis muito rapidamente (Jensen, 1981).

Jensen, em 1995, afirmou que a produção sem utilização de solo, em regime fechado e controlado, terá de ter em conta o desenvolvimento das estufas e a relação entre custos e retornos, comparando sempre com o sistema tradicional. Para Jensen, esta técnica hidropónica é promissora para o futuro da agricultura. O que não é muito encorajador para o futuro é a falta de inputs de cientistas interessados em desenvolver ou na falta de estações de investigação, por parte dos governos, atrasando, assim, o rápido desenvolvimento que se tem observado. Apenas investidores privados é que têm disponibilizado verba e tempo, com o objetivo de aumentar as produções, comercializar estufas para outros agricultores e para, um dia, ser possível, produzir alimento no espaço (Benton, 2005).

Em 1985, Knop em conjunto com outros fisiologistas vegetais concluíram que existe uma vasta gama de componentes imprescindíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas sem a utilização de solo. Hoje em dia, ainda é utilizada em muitas estufas espalhadas por todo o mundo a fórmula descrita por esta equipa de cientistas (Quadro 6) (Benton, 2005).

Quadro 6- Formulação de uma solução para produção em hidroponia (Knop, 1985)

Reagentes	g/L
Nitrato de Potássio (KNO_3)	0,2
Nitrato de Cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$]	0,8
Fosfato de Monopotássico (KH_2PO_4)	0,2
Sulfato de Magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0,2
Fosfato de Ferro (FePO_4)	0,1

9.1 - Nutrientes Fundamentais

Após esta formulação, muitos cientistas decidiram investigar ainda mais a fisiologia do crescimento das plantas e afirmaram que existem 16 elementos essenciais, C, H, O, S, N, P, K, Ca, Mg, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, cada um com uma finalidade específica e com maior ou menor importância nos diferentes estágios de desenvolvimento vegetal. O azoto, um dos macronutrientes das plantas, pode ser considerado o mais importante pois entra diretamente na formação de aminoácidos, enzimas e clorofila II, fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O oxigénio é necessário para a formação de açúcares, amido e celulose e para a respiração, que fornece energia necessária para o desenvolvimento. O carbono constitui cerca de 50% da matéria seca da planta. É o principal constituinte da parede celular. O hidrogénio tem também a sua importância pois facilita as trocas catiónicas, a formação de açúcares, a manutenção da pressão de turgescência. O fósforo ajuda na produção de açúcares, crescimento radicular e de ATP (energia). No fim da lista dos macronutrientes está o potássio, imprescindível na síntese de proteínas, crescimento radicular e na formação de açúcares e amido (Roberto, 2003).

A formulação de uma boa solução de sais e nutrientes não é suficiente para uma hidroponia produtiva e rentável. É necessário ter em conta outros fatores como a temperatura, a oxigenação, a humidade e a luminosidade. Todos estes parâmetros variam de cultura para cultura.

9.2 - Temperatura

Estudos realizados nos Estados Unidos da América verificaram que a temperatura ótima para um máximo de produção está compreendida entre os 20 e os 30 °C. Temperaturas abaixo dos 20 °C influenciam o crescimento e o desenvolvimento radicular, ficando mais áspera, diminuindo a permeabilidade das membranas celulares, dificultando e reduzindo a taxa de absorção dos nutrientes. Os nutrientes que são mais dificilmente absorvidos com temperaturas mais baixas são o fósforo, ferro e manganésio. Com temperaturas mais baixas, as plantas perdem vigor e há maior probabilidade de murcharem. Com temperaturas mais elevadas, o crescimento das plantas é comprometido pois há menos oxigénio dissolvido na água (Benton, 2005).

9.3 - Intensidade Luminosa

A intensidade luminosa é outro parâmetro a ter em atenção. É medida, normalmente, em watts por 0,1 metro quadrado e, para um máximo de capacidade fotossintética, essa intensidade tem de estar compreendida entre os 200 e os 500 watts por metro quadrado. Para aumentar a eficiência das lâmpadas, é usual pintar as paredes da estufa com tons claros, de preferência brancos, para aumentar a reflectância da luz para as plantas (Roberto, 2003).

No processo da fotossíntese existem duas fases distintas, a fase luminosa e a fase escura. Na primeira fase, as plantas absorvem e armazenam a radiação solar usando-a para a síntese de ATP e reduzindo o NADPH. Por fim ocorre a síntese de moléculas de CO₂ no ar (fixação de carbono, pelo ciclo de Calvin) utilizando as moléculas acima referidas, na fase escura da fotossíntese. Estas duas fases são influenciadas pelo fotoperíodo a que estão sujeitas (Berg, 2002).

O fotoperíodo é o tempo em que as plantas recebem luz, solar ou artificial, tendo um máximo de produção quando o fotoperíodo está dentro de um intervalo de 16 a 18h, não se verificando aumentos de produção, com aumento de fotoperíodos. Escuridão total é necessária para o período escuro da planta, quando o objetivo de produção são flores e/ou frutos. A cor que mais influencia a taxa fotossintética está no espectro do vermelho (600-680nm) e no espectro do azul (380-480nm). A cor azul estimula as hormonas que acionam o crescimento e inibem a dormência. O azul claro potencia a fotossíntese levando ao fototropismo das plantas. A luz verde é refletida, por isso a planta tem essa cor, no entanto esta é necessária ao crescimento. A luz

vermelha aumenta a taxa de crescimento em algumas plantas, que seriam influenciadas pelo sol em produção tradicional (Roberto, 2003).

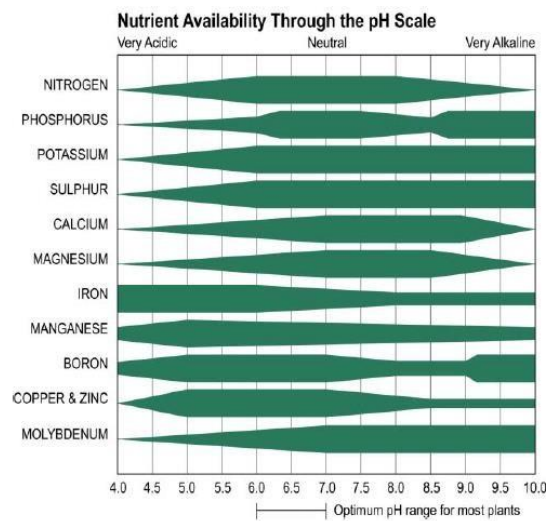
9.4 – Oxigenação

A oxigenação é outro fator que tem impacto no crescimento das raízes e da parte aérea da planta. O oxigênio é fundamental para o crescimento e funcionalidade celular. Quando não está disponível no meio radicular, graves lesões ou mesmo morte da planta podem ocorrer pois sem oxigênio a absorção de água e de iões cessa. Uma boa e igual distribuição de água e de ar nos poros facilita a taxa de crescimento assim como o aumento dos pelos radiculares (Benton, 2005). A humidade presente no ar também tem influência no crescimento. Maiores níveis de humidade previnem a transpiração, uma vez que o ar já está repleto de moléculas de água e previne também o arrefecimento das plantas por transpiração (Roberto, 2003).

9.5 – pH

Por fim, é necessário ter em conta os valores de pH da solução administrada à produção. Este valor é determinado pela concentração de aniões e catiões existentes, tendo valores mais baixos quando a concentração de H_3O^+ é superior e mais alto quando é superior a concentração de OH^- . A temperatura, a presença de CO_2 na solução e o fósforo, quando em falta, fazem diminuir o valor do pH. Estudos realizados com 22 espécies produzidas em sistemas hidropónicos revelaram que o intervalo ótimo para os valores de pH está compreendido entre 5,0 e 7,5 (Morgan, 1998a). No entanto, de um modo geral, são admitidos pH ótimos quando a solução apresenta valores num intervalo entre 5,0 e 6,0. Flutuações nos valores podem variar durante o dia, com a concentração de CO_2 dissolvido, não sendo necessário qualquer tipo de ajustamento de pH pois não existe qualquer impacto substancial no crescimento das plantas. Ajustamentos de pH são possíveis adicionando ácido ou base, tanto para aumentar como para diminuir o pH da solução. Também é usual adicionar hidróxido de sódio ou de potássio quando é necessário aumentar o valor do pH do meio. O NaOH é a base mais utilizada, e o H_2SO_4 e HCl os ácidos mais utilizados pois mesmo tendo elementos fundamentais a sua adição é mínima (Benton, 2005).

Figura 21 - Disponibilidade de nutrientes em diferentes pH



Meios mais ácidos melhoram a capacidade de absorção de cátions por parte das raízes como o íon Fe^{2+} (Rodriguez de Ciano, 1991). Se a solução é constantemente alterada, isso pode interferir com a capacidade de absorção dos íons presentes. Por esta razão, muitos cientistas apoiam a teoria de que a solução deve encontrar, naturalmente, o ponto de equilíbrio do pH (Benton, 2005).

9.6 - Hidroponia e Produção de Carne

A hidroponia e as estufas hidropônicas têm sido descritas como a solução para os produtores de gado, em tempos de escassez de água, períodos longos de seca ou ainda quando os alimentos que têm à disposição são de fraca qualidade. Têm sido realizados estudos para todas as espécies pecuárias desde ruminantes a monogástricos e até em aves, com o objetivo de verificar não só os benefícios para o produtor mas também para os animais ao nível digestivo. Dependendo do tipo de grão, a forragem pode chegar até um máximo de 20 cm de altura, com produções que oscilam dos 7 aos 9 kg de forragem hidropônica, com um máximo de 1,1 kg de matéria seca (Fazaeli, Golmohammadi, Tabatabayee & Asghari-Tabrizi, 2012).

A produção dos tapetes hidropônicos passa por várias etapas até estarem prontos para serem distribuídas aos animais. Começa com a imersão das sementes, principalmente de cevada, em água até estarem totalmente saturadas. Procede-se seguidamente ao escorrimento e à colocação em tabuleiros dentro da estufa durante 5 a 8 dias. Uma pré-imersão das sementes é normalmente realizada pois aumenta o seu metabolismo. Esta pré-imersão é realizada de preferência com água destilada para diminuir a ocorrência de bolores. A quantidade e qualidade da germinação é

influenciada pelo tempo de imersão, qualidade dos grãos, variedade, temperatura, humidade, nutrientes disponibilizados, profundidade dos tabuleiros, densidade dos grãos e existência ou não de bolores (Sneath & McIntosh, 2003). Certos autores afirmam que para se obter um máximo de benefício da hidroponia é necessário associar, à hidroponia, alimentos com elevada matéria seca, para compensar a elevada humidade dos tapetes (Mooney, 2005).

A germinação está associada a perdas de matéria seca e a aumentos de concentração de proteína bruta. A hidroponia é um alimento nutritivo, mas a elevada percentagem de água, que pode chegar aos 91%, reduz significativamente as concentrações de energia e proteína no alimento (Tudor, Darcy, Smith & Shalcross, 2003). A germinação tem também funções na ativação de enzimas, que alteram o amido, proteínas e lípidos presentes na semente em partículas mais reduzidas e simplificadas que irão melhorar o desempenho dos animais, embora poucos estudos tenham sido realizados com o objetivo de determinar o valor alimentar dos grãos hidroponicamente germinados. (Fazaeli, Golmohammadi, Shoayee, Montajebi & Mosharraf, 2011).

O tempo de germinação dentro das estufas dura, normalmente, até 7 dias, no máximo, após colocação das sementes nos tabuleiros. Investigadores estudaram a evolução das diferentes fracções, como pode ser verificado no Quadro 7. Os rebentos de cevada hidroponicamente germinados contêm diferentes percentagens de matéria seca ao longo do processo de germinação, 52,7% no segundo dia, 19,0% no quinto dia e 16,0% no sétimo dia. Estarão desenvolvidos o suficiente para serem usados como alimento para os animais. O extrato etéreo também diminui com a germinação, passando de 75,4% para 68,7% e, por fim, para 61,3%, tendo em consideração os mesmos dias (Thacker & Kirkwood, 1992).

Quadro 7 - Concentração nutricional (%M.S.) de rebentos de cevada hidropônica com diferentes dias comparando com o grão de cevada (Peer & Leeson, 1985a).

Alimento	Matéria Seca (%)	Energia Digestível (kcal/kg)	Extrato Etéreo (%)	Proteína Bruta (%)	Fibra Bruta (%)	Lípidos Totais (%)
Grão de Cevada	87,3	3429	76,6	12,1	5,4	3,3
Rebentos de Cevada						
Dia 2	52,7	----	75,4	13,1	6,0	2,8
Dia 4	29,2	3167	72,6	13,4	7,4	3,6
Dia 5	19,0	----	68,7	14,1	9,8	4,4
Dia 7	16,0	----	61,3	15,5	14,3	5,0

A concentração de fibra aumenta com o avançar do tempo de germinação e resulta provavelmente do aumento do número e tamanho das paredes celulares o que ocorre com o crescimento vegetal. Este aumento de fibra pode influenciar a diminuição da energia digestível dos rebentos, como pode ser verificado no dia 4.

A concentração de lípidos totais dos rebentos de cevada aumenta com a evolução temporal. Ao sétimo dia, a concentração de lípidos atinge 5,0%, valor superior ao do próprio grão de cereal. Isto pode acontecer pois há um aumento de lípidos estruturais que ocorre durante a germinação e crescimento da planta (Thacker & Kirkwood, 1985).

A proteína é o elemento crucial ao desenvolvimento muscular dos animais e consequentemente à performance produtiva sendo, por isso, necessária uma análise cuidada dos alimentos fornecidos. O efeito da germinação no conteúdo proteico ainda não é claro, havendo autores e estudos que afirmam que aumenta, enquanto outros afirmam que diminui (Mooney, 2005). Dung, Goodwin & Nolan (2010) afirmam que há um aumento da proteína bruta, na matéria seca, dos rebentos, demonstrando uma vantagem em relação à utilização do grão corroborando os valores presentes no Quadro 8. Peer & Leeson (1985a) afirmam que com a idade é possível atingir, ao fim de 7 dias, um máximo de 15,5% de proteína, na matéria seca. O aumento desta percentagem resulta de uma mudança proporcional com o amido, que diminui com a germinação.

Quadro 8 - Matéria seca, cinza e proteína bruta em grão de cevada e cevada hidropônica com 6,8 e 10 dias de idade (The New Zealand Merino Company, 2011)

	M.S. (%)	Cinza (% M.S.)	Proteína Bruta (%M.S.)
Grão	90	2,1	10,1
Dia 6	21,4	2,8	13,8
Dia 8	9,9	6,3	23,1
Dia 10	9,1	6,8	24,3

O perfil de aminoácidos também se altera durante a germinação (Quadro 9). O teor dos aminoácidos prolina e ácido glutâmico diminui, pois o azoto e o carbono presentes na sua estrutura molecular são utilizados para sintetizar outros aminoácidos como a lisina, glicina e triptofano (Dalby & Tsai, 1976) levando ao aumento destes. Consequentemente há uma diminuição de metionina, fenilalanina e treonina. Com estas baixas concentrações, estes aminoácidos, devem ser suplementados aos animais para que não existam carências nutricionais (Thacker & Kirkwood, 1985).

Quadro 9 - Concentração de aminoácidos essenciais (%M.S.) de rebentos de cevada hidropônica, com diferentes idades, comparando com grão de (Adaptado de Alexander *et al*, 1984; Peer & Leeson, 1985).

Rebentos de Cevada Hidropônica²					
Aminoácidos	Grão de Cevada¹	Dia 2	Dia 4	Dia 5	Dia 7
Isoleucina	0,39	0,47	0,38	0,37	0,44
Leucina	0,76	0,78	0,64	0,68	0,75
Lisina	0,39	0,28	0,47	0,44	0,54
Metionina	0,2	0,21	0,16	0,17	0,17
Fenilalanina	0,72	0,63	0,51	0,55	0,52
Trionina	0,44	0,32	0,25	0,32	0,43
Triptofano	0,04	----	----	----	0,06
Valina	0,47	0,5	0,57	0,48	0,52

Um trabalho realizado por Chavan & Kadam (1989) afirmou que há muita divergência em relação à evolução da proteína durante a germinação. Uns autores defendem que a proteína aumenta, outros afirmam que diminui e outros concluem que não existam mudanças significativas com o passar do tempo. O aumento da componente proteica é defendido pela perda de hidratos de carbono através da

respiração durante a germinação. Temperaturas mais elevadas na estufa e mais tempo de germinação levam a aumentos de proteínas pois há maiores perdas de carbono (Sneath & McIntosh, 2003). Mudanças na quantidade de cinza e proteína ocorrem rapidamente a partir do quarto dia, o que corresponde à expansão da parte radicular, que permite uma maior absorção de minerais. A absorção de nitratos facilita o metabolismo dos componentes azotados a partir das reservas de carbono, que levam, consequentemente, a aumentos de proteína bruta (Morgan, Hunter & O'Haire, 1992). De acordo com Flynn & O'Kiely (1986), há um aumento progressivo da proteína bruta. Este aumento deve-se à maior absorção de azoto da solução nutritiva fornecida e ao aumento da concentração de componentes azotados na matéria seca. Chung, Nwokolo & Sim (1989) verificaram uma diminuição inicial do conteúdo proteico no segundo dia de germinação, seguido de um aumento compensatório nos dias seguintes.

As proteínas presentes nos cereais são classificadas de albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em soluções salinas), prolaminas (solúveis em álcoois), glutelinas (solúveis em meios ácidos ou alcalinos) e em proteínas insolúveis. As prolaminas, glutelinas e proteínas residuais constituem cerca de 80% de toda a proteína presente nos grãos. Estas frações, principalmente a prolamina, são deficitárias em lisina. Por isso, a conversão para albuminas e globulinas durante a germinação pode melhorar a qualidade das proteínas nos cereais. Muitos estudos confirmaram que há um aumento da lisina com a germinação, com o mecanismo de degradação das prolaminas em péptidos de menores dimensões e em aminoácidos livres, através de transaminações para sintetizar lisina (Chavan & Kadam, 1989).

Relativamente às vitaminas, Quadro 10, estas tendem a aumentar com a germinação embora alguns autores afirmem que estes aumentos não são significativos em relação aos grãos de cereais (Mooney, 2005). Vitaminas como α -tocoferol e β -caroteno são produzidas durante o crescimento dos rebentos (Cuddeford, 1989). Rebentos com 7 dias têm maiores concentrações de ácido ascórbico e riboflavina do que os grãos de cevada por germinar. À semelhança dos grãos de cevada, os rebentos deste cereal são alimentos pobres em cálcio e potássio. A disponibilidade de fósforo aumenta pois há uma diminuição do ácido fítico.

Quadro 3 - Análise vitamínica, baseada em amostras de cevada hidropônica com 6 dias (mg/kg M.S.) (Adaptado de The New Zealand Merino Company, 2011)

	Grão de Cevada	Cevada Hidropônica
α-tocoferol	7,4	62,4
β-caroteno	4,1	42,7
Biotina	0,16	1,15
Ácido Fólico Livre	0,12	1,05

Em bovinos, a maioria das necessidades vitamínicas são sintetizadas por micro-organismos ruminais, fornecidas por alimentos de origem natural e síntese nos tecidos (NRC, 1984). A capacidade de um bovino sintetizar vitamina B e K está associada ao rúmen e desenvolve-se rapidamente, quando alimentos sólidos são incorporados na alimentação dos vitelos. A vitamina D é sintetizada pelos animais expostos à luz solar direta. Forragens de elevada qualidade estão associadas a maiores quantidades de precursores da vitamina A (β -caroteno) e de vitamina E. A vitamina E é um antioxidante e tem sido largamente utilizado para melhorar a absorção e o armazenamento da vitamina A (The National Research Council, 1984).

Quadro 11 - Concentração de minerais (% da M.S.) em grãos de cevada e cevada hidropônica ((1National Academy of Sciences, 1982)(2Peer & Leeson, 1985a))

	Rebentos de Cevada Hidropônica²					
Minerais	Grão de Cevada¹	Dia 2	Dia 4	Dia 5	Dia 7	
Cálcio (%)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	
Mágnésio (%)	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	
Fósforo (%)	0,52	0,51	0,48	0,46	0,47	
Potássio (%)	0,5	0,45	0,48	0,46	0,47	
Sódio (%)	0,02	0,04	0,07	0,14	0,2	
Cobre (%)	4,0	7,1	5,4	10,3	10,4	
Ferro (%)	61,4	71,1	82,4	68,7	73,2	
Manganésio (%)	18,5	17,3	17,4	17,4	18,3	
Zinco (%)	40,7	48,9	47,7	55,8	65,9	

A digestibilidade da cevada hidropônica tem suscitado muita discussão. Teoricamente este alimento teria uma elevada digestibilidade pois tem pouca matéria seca, pouca fibra bruta e pouca parede vegetal dada à tenra idade dos rebentos. Sneath & McIntosh (2003) afirmaram que há um conflito evidente relativo à germinação, se

esta aumenta ou se diminui, comparando com a digestibilidade do grão. Para otimizar a digestibilidade dos grãos, recorre-se normalmente a técnicas de fragmentação destes, quando não são processados foi estimada uma digestibilidade do amido de apenas 60%. Outro estudo, realizado por Dung *et al.* (2010), sobre digestibilidade *in sacco* da cevada hidropónica e da cevada em grão, prova que a digestibilidade não é significativamente diferente da do grão. Existe uma elevada digestibilidade nas primeiras 6 horas no rúmen enquanto, das 12 às 96 horas não houve diferenças, no processo digestivo, entre a cevada hidropónica e os grãos partidos.

Morgan *et al.* (1992) determinaram digestibilidade da cevada em grão e da cevada hidropónica e sugeriu que o maior valor de digestibilidade foi obtido ao quarto dia de germinação, tendo em conta a digestibilidade da matéria orgânica, da matéria seca *in vivo*, como está descrito no Quadro 12.

Quadro 4 - Digestibilidade de grão de cevada e rebentos de cevadas com várias idades (Sneath & McIntosh, 2003)

	M.O.	M.S.	In Vivo
Grão	88,80%	89,80%	83,90%
Dia 4	91,80%	92,20%	85,80%
Dia 6	87,90%	88,90%	82,10%
Dia 8	88,40%	89,00%	82,60%

Esta diminuição de digestibilidade está relacionada com o aumento da percentagem de fibra bruta do alimento (Flynn & O’Kiely, 1986). Existe uma diferença significativa entre a digestibilidade da porção radicular em comparação com a parte aérea. A parte aérea é mais facilmente degradada no rúmen do que a parte radicular (Dung *et al.*, 2010).

Grão processado, rachado, e os rebentos de cevada têm ambos alta digestibilidade e valor nutricional. A germinação do grão transforma o amido em açúcares mais simples, facilitando a sua digestão (Mooney, 2005). Com o aumento da digestibilidade do alimento, as performances dos animais também aumentam, verificando-se aumentos nos ganhos médios diários (Mooney, 2005).

Dung *et al.* (2010) afirmaram que o valor energético dos rebentos é inferior ao do grão inteiro, numa base de matéria seca, com uma perda de energia na ordem dos 2%, determinada após comparação entre o grão e os rebentos. Concluíram também que a digestibilidade da forragem versus o grão intacto *in situ* não tinha nenhuma

diferença significativa na digestibilidade. Isto significa que a perda total de matéria seca, sem um aumento da digestibilidade, representa uma diminuição considerável na energia digestível total.

Com a germinação há diminuição da concentração de ácido fítico, que é um elemento antinutricional importante pois funciona como um quelante, podendo contribuir para a diminuição da concentração de outros minerais como o cálcio, magnésio, ferro e zinco. Este ácido está presente principalmente no tegumento e gérmen da semente. Formam-se compostos insolúveis ou quase insolúveis com minerais, principalmente Ca, Fe, Mg e Zn levando a carências minerais quando a dieta é rica em alimentos com muito ácido fítico (Chavan & Kadam, 1989). Polifenóis e taninos, normalmente presentes no tegumento das sementes de alguns cereais como sorgo, cevada e painço, são descritos como fatores antinutricionais. Têm capacidade de inibir várias enzimas hidrolíticas, como a tripsina, amílases, celulasas e β -galactosidases. São capazes também de se associar a proteínas, formando complexos tanino – proteína, indisponibilizando a proteína (Salunkhe, Chavan & Jadhav, 1984). Germinar as sementes destes cereais não diminui a concentração destes fatores antinutricionais, mas favorece a formação dos complexos tanino – proteína presente no endosperma (Chavan & Kadam, 1989).

9.7 - Performance dos animais alimentados com cevada hidropónica

Muitos estudos e ensaios têm sido realizados de modo a compreender as vantagens ou desvantagens da incorporação de cevada hidropónica nas dietas dos animais, tendo-se obtido um grande leque de conclusões. Foram realizados estudos com bovinos de carne, de leite, suínos, ovinos, caprinos e aves. Na maioria dos estudos chegou-se à conclusão de que não existe vantagem produtiva quando comparadas com as dietas convencionais (Sneath & McIntosh, 2003).

A inclusão de cevada hidropónica não demonstra qualquer vantagem quando substitui um alimento nutritivo como um grão. A perspectiva teórica de que haveria uma melhor performance por parte dos animais não ocorre a menos que haja uma suplementação dos nutrientes essenciais limitantes ou quando é usada em conjunto com alimentos de fraca qualidade como, por exemplo, um feno com baixo valor proteico (Tudor *et al.*, 2003). Myers (1974) resume os resultados obtidos após um ensaio com bovinos leiteiros afirmando que a diferença observada nos dois grupos em estudo, com ou sem hidroponia na dieta, indica que esta inclusão não aumenta a

produção leiteira em vacas cujas necessidades energéticas já estejam cobertas, mas pode aumentar a produção de vacas que não estejam a receber uma grande quantidade de nutrientes. Afirma também que não é a maneira mais económica de “engordar” animais. O grande desafio da forragem hidropónica é saber encontrar circunstâncias onde a sua inclusão tenha benefícios superiores aos custos (Cuddeford, 1989).

Num estudo realizado por Fazaeli *et al.* (2011) não se observaram diferenças significativas no ganho de peso diário dos animais nem no índice de conversão em animais em engorda. A ingestão de matéria seca diminuiu significativamente no lote de animais com forragem hidropónica comparativamente com a dieta controlo. Embora a energia metabolizável e a proteína bruta das duas dietas tenham sido semelhantes os conteúdos fibrosos, NDF e ADF, foram superiores ao controlo e a grande quantidade de água no alimento tornou-o volumoso conduzindo a uma diminuição da ingestão de alimento. Concluíram então que os custos associados à germinação, as perdas de matéria seca e a consequente diminuição da ingestão da matéria seca, tornam esta prática pouco recomendável, tendo-se verificado um aumento de 24% dos custos associados à engorda relativamente ao grupo controlo.

9.8 - Custo de Produção de Forragem Hidropónica

Os custos associados à produção de forragem hidropónica englobam vários fatores como a matéria-prima, as infraestruturas, as amortizações dos equipamentos, os juros do capital investido, a mão de obra, os custos operacionais e o custo em reparações. Um esquema realizado por Sneath & McIntosh (2003) demonstrou os custos de produção de matéria seca proveniente de grão de cereal comparando com os da matéria seca produzida em estufas hidropónicas. Utilizou 100 kg de grão de cevada que origina 800 kg de rebentos de cevada com 12% de matéria seca. Considerou 70 mil euros o custo inicial da estufa com uma taxa de juros de 7% e uma amortização de 10% ao ano. O custo por tonelada de semente foi de 250 euros. Como o cereal tem 88% de matéria seca, o custo final da matéria seca do grão de cevada, por tonelada, será de 278€. Os custos operacionais associados, os nutrientes da solução nutritiva, as bombas de água, os arrefecedores, a mão de obra, o gás para aquecimento, a matéria-prima, a amortização e os juros estão demonstrados no Quadro 13.

Quadro 5 - Custos associados à produção de cevada hidropónica (Adaptado de Sneath & McIntosh, 2003)

Nutrientes	2,80€/dia
Bomba de água	0,85€/dia
Arrefecedor	0,25€/dia
Gás	1,10€/dia
Grão	25,00€/dia
Mão de obra	30,00€/dia
Amortização	19,00€/dia
Juros	13,00€/dia
Total	92,00€/dia

Dos 800 kg de rebentos produzidos, apenas 96 kg correspondem ao valor de matéria seca, obtendo-se o valor de 958€ por tonelada de matéria seca produzida e 115€ por tonelada de forragem hidropónica. Por isso, pode-se concluir que é 3,8 vezes mais cara a utilização da matéria seca fornecida pela cevada hidropónica do que da matéria seca fornecida pelo grão (Sneath & McIntosh, 2003).

10 - Materiais e Métodos

A recolha dos dados das performances dos animais foi realizado na exploração parceira, o Monte da Torre, situado em Arraiolos e teve como objetivo avaliar e comparar duas alimentações diferenciadas, uma com suplementação de forragem hidropónica de cevada dística (FH) e outra com alimentação controlo. Como a alimentação era *ad libitum* foi realizada uma estimativa da quantidade ingerida por cada animal, sendo os resultados analisados por grupo e não individualmente. Os animais foram divididos aleatoriamente pela Engenheira Susana Zambujo, responsável pela exploração, não havendo qualquer interferência por parte nem do mestrando nem do orientador. Os dados relativos às estivas de matadouro foram enviados pela Engenheira Susana Zambujo. Os animais foram todos abatidos do matadouro de Sousel e os pesos finais para abate correspondiam às encomendas realizadas pelos compradores. As análises de bromatologia, análise colorimétrica e perfil de ácidos gordos foram realizadas na Faculdade de Medicina Veterinária enquanto a determinação do teor de colesterol total e vitamina E da carne foi realizada na Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

10.1 – Animais

Neste estudo foram utilizados 37 animais puros da raça Blonde d'Aquitaine do sexo masculino, divididos em dois grupos distintos: suplementados com forragem hidropónica (CH), com alimentação controlo (SH). O peso médio vivo inicial foi de $183 \pm 18,8$ kg no grupo CH, $219 \pm 41,8$ kg no grupo SH. Os parques de engorda tinham manjedouras com tamanho suficiente para todos os animais se poderem alimentar no mesmo período de tempo. Cada manjedoura tinha o seu alimento, feno, concentrado e forragem verde hidropónica (quando aplicável).

Figura 22 - Parque de engorda com animais participantes no estudo



10.2 - Regime Alimentar

Os regimes alimentares nos diferentes grupos eram idênticos, sendo a presença ou não da forragem hidropónica a única diferenciação. O concentrado fornecido aos animais era um concentrado comercial para novilhos com pesos vivos compreendidos entre os 150 e os 200 kg. O feno e concentrado eram distribuídos *ad libitum*, enquanto a forragem hidropónica de cevada dística foi administrada em quantidade equivalente a 24 kg de alimento em verde por animal, correspondendo a 2,5 tapetes por animal. Se considerarmos que a forragem hidropónica de cevada dística apresenta um valor de M.S. de 11,8%, que corresponde a 2,83 kg de M.S. por animal.

Figura 23 - Ficha técnica do concentrado fornecido aos animais durante o estudo e amostra do mesmo concentrado na manjedoura no parque de engorda (Fonte: Eng^a. Susana Zambujo)

Ficha Técnica			
ALIMENTO COMPOSTO COMPLEMENTAR			
LEX NOVILHOS UNIC TORRE - GR			
(Novilhos dos 150/200 Kg ao abate)			
CONSTITUINTES ANALÍTICOS			
Proteína Bruta	14,0%	Mat. Gorda	3,4%
Cinza Bruta	8,5%	Fibra Bruta	7,5%
Calcio		Sódio	0,42%
		NPN	1,14%
Quando granulado acresce 2% ao valor da Cinza			
ADITIVOS POR KG DE ALIMENTO			
Vitamina A(E672)/Vitaminas	10000 UI	Iodo(E2)/Oligoelementos	
Vitamina E/Vitaminas	10 mg	Cobre(E4)/Oligoelemento	
Vitamina D3/(E671)/Vitaminas	2000 UI	Cobalto(E3)/Oligoelement	
Ferro(E1)/Oligoelementos	65 mg	Zinco(E6)/Oligoelementos	
Manganésio(E5)/Oligoelemento	64 mg	Selénio(E8)/Oligoelementos	
BHT (E 321) ANTI-OXIDANTES			1,97 mg
ETOXIQUINA (E 324)/ ANTI-OXIDANTES			0,55 mg
MODO DE UTILIZAÇÃO			
Fornecer como complemento de alimentação a novilhos dos 150/200 Kg PV a			
Colocar sempre à disposição dos animais água em quantidade e de qualik			
MATÉRIAS PRIMAS PARA A ALIMENTAÇÃO ANIMA			
MILHO*; SEMEA TRIGO; CEVADA; BAG. GIRASSOL; BAG. COLZA; BAG. PALMIST			
CARBONATO CALCIO; MELAÇO CANA; BICARBONATO SODIO; CLORETO SOD			
VIT.-MINERAIS; GORDURA SABAO CALCICO; *Geneticamente Modific			
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Humidade: entre 9% a 14%, inclusive			
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS SALMONELA, ausência em 25g			
CARACTERÍSTICAS TOXICOLÓGICAS AFLOTOXINAS, ausência em 0,02mg/kg			



10.3 - Protocolo Experimental

O ensaio decorreu entre o dia 24 de outubro de 2013 (com a primeira pesagem), e o dia 4 de maio de 2014 (com a última pesagem. As pesagens, individuais, foram realizadas quinzenalmente, para diminuir o impacto no normal manejo da exploração, sendo sempre acompanhadas pela Engenheira responsável e os trabalhadores da casa. A determinação do peso era responsabilidade do orientando, para haver um mínimo de

fatores externos à variabilidade de dados recolhidos. A balança utilizada era uma balança de chão com pilão que tinha capacidade máxima de 1000 kg, com uma escala de 1 kg.

Figura 24- Pesagem de indivíduo da amostra em estudo (Fonte: Eng^a. Susana Zambujo).



10.4 - Performances zootécnicas avaliadas

O ganho médio diário (GMD) foi avaliado pois sendo uma engorda com disponibilidade alimentar *ad libitum* e com pesagens quinzenais, tornar-se-ia impossível recolher dados relativos a índices de conversão e ingestão média diária com a fidelidade desejada. O GMD pode ser definido como o quociente entre o ganho de peso e o número de dias do período experimental ou, neste caso, até à pesagem seguinte.

Figura 25 - Fórmula para calcular o GMD dos animais em estudo

$$\text{GMD (g. dia}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso}_{\text{final}} - \text{Peso}_{\text{inicial}}}{\text{n}^{\circ} \text{ de dias do período experimental}}$$

Foram analisadas posteriormente as estivas dos animais abatidos para o estudo. Nas estivas, fornecidas pelo matadouro de Sousel, as carcaças dos animais são analisadas em metades, tendo-se calculado as percentagens de carne em cada peça. Para calcular estas percentagens, fez-se o somatório dos pesos das diferentes peças de carcaça, das meias carcaças frias, e calculou-se a percentagem relativamente ao peso total da carcaça.

Figura 26 - Fórmulas para calcular o rendimento de carcaça e rendimento de carne

$$\text{Rendimento de carcaça (\%)} = \frac{\text{Peso de carcaça (kg)}}{\text{Peso vivo (kg)}}$$

$$\text{Rendimento de carne (\%)} = \frac{\text{Peso de carne (kg)}}{\text{Peso de carcaça (kg)}}$$

10.5 – Amostragem

Os novilhos foram abatidos com uma média de peso final de $362 \pm 45,1$ kg, tendo sido recolhida uma amostra de carne proveniente do músculo *longissimus lumborum*. Os animais foram abatidos sempre às terças-feiras e, depois de ser realizada a desmancha das carcaças, as diferentes peças foram embaladas a vácuo e transportadas à quinta-feira para os diferentes pontos de entrega, sendo este o dia de recolha da amostra por parte do mestrando. Já no laboratório procedeu-se à limpeza dos depósitos de gordura e tecido conjuntivo, tendo a parte edível sido homogeneizada num processador de alimentos (Moulinex, França). As amostras foram posteriormente embaladas a vácuo e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até à realização das técnicas bromatológicas (período inferior a 1 mês).

10.6 - Determinação da cor e do pH das amostras recolhidas

Para medir a cor dos bifes recolhidos utilizou-se um colorímetro calibrado de acordo com Comissão Internacional de iluminação (CIE) com escala L^* , a^* e b^* , em que o L^* é chamado de luminosidade e o a^* e b^* de coordenadas cromáticas. O L^* representa a diferença entre o escuro (0) e o claro (100). O a^* mede a variação entre a cor verde (-60) e o vermelho (+60) e o b^* a variação entre o azul (-60) e o amarelo (+60) (Monteiro, 2008). Estudos realizados por Bureš & Bartoň em 2012, demonstraram que existem diferenças na qualidade da carne de animais abatidos em diferentes idades, 14 ou 18 meses de idade. Para se determinar o pH da carne utilizou-se um potenciómetro portátil HI 99163 portable Hanna Instruments, USA). Todos estes parâmetros foram medidos sensivelmente 48h após o abate dos animais em estudo.

10.7 - Determinação do colesterol e dos tococromanóis

A determinação do colesterol e dos tococromanóis foi realizada simultaneamente e em duplicado recorrendo à saponificação e extração de amostras frescas de acordo com a técnica desenvolvida por Prates *et al.*, (2006).

Equipamento utilizado:

- Balança (Gilbertini, E42)
- Vórtex (Heidolph, Multi reax)
- Banho-maria com agitação (GFL, 1083)
- Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
- Filtros de seringa hidrofóbicos $0,45\mu\text{m}$ (GHP Acrodisc, Life Sciences)
- Seringa de vidro (*Originali* Leber, Itália)
- Viais de cromatografia de cor âmbar (VWR com 1,5ml)
- Tubos de vidro borosilicado (Kimax de 16ml)

Reagentes:

- Ácido ascórbico (Merck Biosciences, Alemanha)
- Água ultrapura (MiliQ, Tipo I)
- n-Hexano p.a. (Merck Biosciences, Alemanha)
- Etanol absoluto (99,8% puro; AGA, Portugal)
- Butylated hydroxytoluene (BHT; Merck Biosciences, Alemanha)
- Sulfato de sódio anidro (Merck Biosciences, Alemanha)
- Azoto Grau R (Gasin, Portugal)
- Isopropanol (Merck Biosciences, Alemanha)

Soluções preparadas extemporaneamente

- Solução de saponificação: solução de KOH (Merck) 11% (w/v) em etanol absoluto 55% (v/v) e água ultra pura 45% (v/v)
- Solução n-Hexano com antioxidante (BHT na concentração de 25mg/l)
- Solução móvel para HPLC (1% de isopropanol em n-Hexano)

Extração e saponificação

A técnica de saponificação e extração foi realizada de acordo com o método descrito por Prates *et al.* (2006). Sucintamente, cada amostra foi processada em duplicado de acordo com o seguinte protocolo: pesou-se 0,75g de carne fresca para tubos de vidro borosilicado (com volume de 16ml). Posteriormente, adicionou-se 0,20g de ácido ascórbico e 5,5ml de solução de saponificação, agitando-se os tubos de imediato, de modo a evitar a aglomeração dos fragmentos da amostra, e substituindo o ar dos tubos por azoto, tendo estes sido novamente agitados até à dissolução completa do ácido ascórbico. De seguida, os tubos permaneceram em banho-maria a 80 °C com agitação de 200rpm, durante 15 minutos. Os tubos foram arrefecidos em água fria durante 1 minuto, sendo-lhes adicionado 1,5ml de água destilada, 3ml de n-hexano e agitou-se vigorosamente no vórtex durante 2 minutos e procedeu-se à centrifugação (5 minutos a 1500g). Após a centrifugação, aspirou-se a fase superior (contendo n-hexano) para novos tubos de vidro borosilicados aos quais se adicionou 0,10g de sulfato de sódio anidro, tendo sido agitados novamente no vórtex durante 10 segundos. O conteúdo líquido foi depois transferido para uma seringa de vidro acoplada a um filtro de seringa hidrófobo que foi usado para filtrar o n-hexano que foi transferido para os vials âmbar. Os vials foram depois armazenados numa caixa a -20 °C até à conclusão das análises.

Análise por cromatografia líquida de alta performance (HPLC)

Equipamento

- Agilent série 1100 composto por: uma bomba quaternária (agilent G1311A); desarejador solvente (Agilent G1322A); um compartimento de colunas termostaticado com arrefecimento (Agilent G1316A); um amostrador automático (Agilent G1313A); um detetor UV-Vis de fotodíodos (Agilent G1315A) e um detetor de fluorescência (Agilent G1321A)
- Software HP chemStation for LC3D (Ver. A.09.01, Agilent Technologies Inc, Palo Alto, CA, USA).

Reagentes

- Fase móvel de hexano-isopropanol (99:1) com um fluxo de 1,0ml/min

Análise

A análise simultânea do colesterol e dos tococromanóis em carne foi realizada através de uma coluna de sílica de fase normal (Zorbax Rx-Stil com pré-coluna analítica 12,5mm, 4,6mm ID x 25cm, com tamanho de partícula 5µm, Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA) e de dois detetores: o primeiro é um detetor de fluorescência para tococromanóis (excitação a um comprimento de onda de 295 nm e emissão a 325 nm); o segundo é um detetor UV-Vis de díodos (DAD) para detecção de colesterol a um comprimento de onda de 202 nm. Este método teve um tempo de corrida de 17 minutos e a temperatura da coluna foi ajustado para 20 °C. O volume de injeção usado oscilou entre os 20 e os 100 µl, dependendo dos compostos em análise e por forma a que as áreas dos picos dos cromatogramas estivessem dentro do intervalo de valores usado na construção da curva de calibração.

A metodologia utilizada para a quantificação dos compostos foi a curva de calibração. Enquanto, a quantificação dos compostos foi realizada através da relação entre a área do pico da curva padrão e a concentração, a identificação molecular específica foi efetuada através da relação entre o tempo de retenção das amostras e dos padrões. As amostras foram validadas com um cv < 10%, uma vez que as amostras foram realizadas em duplicado.

10.8 - Determinação do perfil de ácidos gordos

Extração, quantificação e tipificação dos ácidos gordos

Para se proceder à extração dos ácidos gordos, recorreu-se à técnica descrita por O'Falon.

Equipamento utilizado

- Banho-maria (GFL, 1083)
- Vórtex (Heidolph, Multi reax)
- Viais de GC
- Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
- Tubos de vidro borosilicados (Kimax de 16 ml)

Reagentes

- Metanol (Merck Biosciences, Alemanha)
- Sulfato de Sódio anidro (Merck Biosciences, Alemanha)
- Ácido Sulfúrico (Merck Biosciences, Alemanha)
- Hidróxido de Potássio (Merck Biosciences, Alemanha)

Soluções preparadas extemporaneamente

- Solução de hidróxido de potássio em água, 10N KOH

- Solução de ácido sulfúrico em água, 24N (12M) H₂SO₄
- Padrão interno – C19:0 (0,5mg/ml em metanol)

Extração

Pesou-se 1 g de amostra fresca para tubos de vidro borosilicados, adicionando-se, de seguida, 0,5ml de padrão interno, 0,7ml de solução hidróxido de potássio e 5,3ml de metanol. Incubaram-se os tubos em banho-maria a 55 °C durante 90 minutos, agitando-se em vórtex (5 segundos) de 20 em 20 minutos. Posteriormente arrefeceu-se os tubos em água fria, adicionou-se 0,58 ml de solução ácido sulfúrico, agitou-se novamente, em banho-maria a 55 °C durante 90 minutos, agitando-se em vórtex (5 segundos) de 20 em 20 minutos. Após a centrifugação, 5 minutos a 1500g, retirou-se a fase de hexano para um novo tubo, que já tinha 0,5g de sódio anidro. Os novos tubos foram novamente centrifugados (5 minutos a 1500g) e a fase hexano transferida para viais de GC, que foram armazenadas a -20 °C até à realização da cromatografia gasosa.

Quantificação e identificação

A quantificação e identificação dos ácidos gordos foi realizada com o auxílio do cromatógrafo gasoso com detetor de ionização por chama (GC-FID), tendo sido utilizado um equipamento Shimadzu GC2010-plus (Shimadzu, Kyoto, Japão) com uma coluna capilar (Surpawax 280, 10m x 0,10 mm x 0,10 µm, Teknokroma, Barcelona, Espanha). Utilizou-se hélio como gaste de arraste e pressão constante 1 ml/min e foi injetada 1 µl de amostra. A temperatura do forno foi programada para iniciar a 50 °C (mantida durante 1 min), aumentou depois a 50 °C/min até aos 150 °C (mantida durante 20 min), aumentou a 1 °C/min até aos 190 °C (mantida durante 1 min) e finalmente aumentou a 2 °C/min até aos 220 °C onde foi mantida durante 18 minutos.

10.9 Cálculo dos índices de qualidade do perfil de ácidos gordos

Para a avaliação do perfil de ácidos gordos foram calculados o índice de aterogenicidade, trombogenicidade, peroxidação, assim como o rácio h/H.

$$IA = [(12:0) + (4 \times 14:0) + (16:0)] / [PUFAn-6 + PUFAn-3 + MUFA]$$

$$IT = [(14:0) + (16:0) + (18:0)] / [(0,5 \times PUFAn-6) + (3 \times PUFAn-3) + (PUFAn-3 / PUFAn-6)]$$

$$IP = (\% \text{monoenóico} \times 0,025) + (\% \text{dienóico} \times 1) + (\% \text{trienóico} \times 2) + (\% \text{tetraenóico} \times 4) + (\% \text{pentaenóico} \times 6) + (\% \text{hexaenóico} \times 8)$$

$$h/H = [(18:1n-9 + 18:2n-6 + 18:3n-3 + 20:4n-6 + 20:5n-3 + 22:5n-3 + 22:6n-3) / (14:0 + 16:0)]$$

10.10 Análise estatística

A comparação de todos os parâmetros em estudo foi realizada submetendo os dados à análise de variância (ANOVA), considerando a suplementação de forragem hidropónica como único fator, usando o procedimento GLM do SAS (SAS Institute

Inc., Cary, NC, USA). A média dos mínimos quadrados (LSM) foi apresentada e comparada, usando o teste LSD, quando se verificaram diferenças estatisticamente significativas ($P<0.05$) entre tecidos.

11 – Resultados

No Quadro 14 são apresentados os dados referentes ao ganho médio diário (GMD), peso vivo ao abate, peso de carcaça, peso de carne e o peso de desperdício. Os animais usados no estudo, vitelões de raça Blonde d'Aquitaine em linha pura, apresentaram um ganho médio diário (GMD) de 1,19 kg/dia não se verificando diferenças significativas ($P>0,05$) entre animais com e sem suplementação de forragem hidropónica. Os vitelões foram abatidos com um peso médio de 367,5 kg, não se tendo observado diferenças significativas entre os grupos ($P>0,05$) no que respeita ao peso de abate. As performances de abate seguem também a tendência dos dados anteriormente apresentados, não revelando a existência de diferenças significativas entre os grupos ($P>0,05$). Os vitelões usados no estudo revelaram um rendimento médio de carcaça de 56,0% e um rendimento de desmancha de 83,3%.

Quadro 14- Ganho médio diário, peso vivo e performance de abate (média±desvio padrão; expresso em kg) de animais com e sem suplementação de forragem hidropónica

	Forragem hidropónica		P
	Com	Sem	
n ¹	17	20	--
Ganho médio Diário	1,14±0,22	1,24±0,26	0,20
n ²	10	10	--
Peso vivo ³	349,0±23,7	386,0±51,4	0,20
Peso de carcaça ⁴	193,7±15,7	217,9±35,2	0,22
Peso de carne ⁵	160,9±16,3	182,3±30,0	0,21
Peso de desperdício ⁶	32,8±0,9	35,7±5,7	0,34

¹número de animais utilizados no estudo de crescimento; ²número de animais abatidos e usados no estudo de abate; ³Peso à entrada no matadouro; ⁴Peso de carcaça a frio obtido 24 horas após o abate; ⁵Peso da carne após a desmancha; ⁶Inclui o peso dos ossos, limpezas de gordura e aparas

A estiva da carcaça é apresentada no Quadro 15. A estiva aqui apresentada é a estiva comercial para vitelões, usada pelo Matadouro Regional do Alto Alentejo, que engloba 18 peças. Não se observaram diferenças significativas entre grupos com e sem suplementação de forragem hidropónica no que respeita ao peso das diferentes peças de talho ($P>0,05$). As peças de talho de categoria Extra (acém redondo, vazia e lombo) apresentam um peso combinado de 22,7 kg, correspondendo a 15,5% do total de carne da carcaça do vitelão Blonde d'Aquitaine. As peças de talho de primeira categoria (acém comprido, alcatra, chã de fora, ganso redondo, nervo do Ganso, pá, pojadouro e rabadilha) apresentam um peso combinado de 73 kg e representam 49,4% do total de carne. Por outro lado, as peças de talho de segunda e terceira categorias representam 24 e 11% do total de carne, com 34,4 e 16,1 kg de carne, respetivamente.

Em termos percentuais, a pá e o pojadouro, ambas de primeira categoria, são as peças com maior relevância na carcaça de vitelão representando 10,7 e 10,1% do total, ou seja, 13,8 e 13,1 kg de carne, respetivamente.

Quadro 6 - Estiva da carcaça de vitelão Blonde d'Aquitaine alimentado com e sem forragem hidropónica (expresso em kg e % do total da carcaça)

	Forragem hidropónica		P
	Com	Sem	
Aba das Costelas	6,89 (5,3%)	8,40 (5,1%)	0,26
Aba Grossa	11,9 (9,2%)	14,8 (9,1%)	0,23
Acém Comprido	5,52 (4,3%)	6,47 (4,0%)	0,34
Acém Redondo	5,06 (3,9%)	7,17 (4,4%)	0,10
Alcatra	6,81 (5,3%)	8,70 (5,3%)	0,18
Cachaço	9,30 (7,2%)	10,5 (6,4%)	0,56
Chã de Fora	10,3 (8,0%)	12,9 (7,9%)	0,18
Chambão Dianteiro	5,23 (4,0%)	7,01 (4,3%)	0,07
Chambão Traseiro	2,81 (2,2%)	3,80 (2,3%)	0,09
Coberta do Acém	1,62 (1,3%)	1,85 (1,1%)	0,57
Ganso Redondo	3,74 (2,9%)	4,92 (3,0%)	0,14
Lombo	3,41 (2,6%)	4,81 (2,9%)	0,05
Nervo do Ganso	3,01 (2,3%)	3,90 (2,4%)	0,11
Pá	13,8 (10,7%)	17,1 (10,5%)	0,26
Peito	7,70 (6,0%)	9,22 (5,6%)	0,33
Pojadouro	13,1 (10,1%)	17,8 (10,9%)	0,15
Rabadilha	7,77 (6,0%)	10,3 (6,3%)	0,18
Vazia	11,3 (8,7%)	13,6 (8,3%)	0,22

O valor de pH e os parâmetros de colorimetria são apresentados no Quadro 16. A análise do pH revelou um valor de pH médio de 5,47. A coloração da carne avaliada pelo método CIELAB não encontrou diferenças significativas ($P>0,05$) entre carne de animais com e sem suplementação de forragem hidropónica, nos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo).

Quadro 7 - Valores de pH e parâmetros de colorimetria de acordo com o método CIELAB

	Forragem hidropónica		P
	Com	Sem	
pH	5,47	5,46	0,96
L*	35,38	37,58	0,26
a*	16,66	14,76	0,28
b*	1,09	0,12	0,37

O perfil de ácidos gordos da carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropónica são apresentados no Quadro 17, enquanto os somatórios parciais dos ácidos gordos e índices nutricionais é apresentada no Quadro 18. A análise do perfil de ácidos gordos, somatórios parciais e índices nutricionais, permitiu verificar a

total ausência de diferenças significativas ($P>0,05$) entre a carne de animais com e sem suplementação de forragem hidropônica.

Os ácidos gordos saturados (SFA) são o principal grupo de ácidos gordos na carne de vitelão Blonde d'Aquitaine, representando 34,3% do total de ácidos gordos e, dentro deste grupo, os ácidos gordos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) são os ácidos gordos predominantes, representando em conjunto 31,2% do total de ácidos gordos e 91% do total de SFA.

Quadro 17 - Total de ácidos gordos (expresso em mg/g de carne), perfil de ácidos gordos em g/100 g de ácidos gordos em carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropónica

	Forragem hidropónica		P
	Com	Sem	
Total de ácidos gordos	11,4	11,6	0,98
C12:0	0,05	0,06	0,52
C14:0	1,43	1,39	0,86
<i>i</i> -C15:0	0,07	0,05	0,33
<i>a</i> -C15:0	0,09	0,08	0,48
C15:0	0,29	0,26	0,40
C16:0	19,4	18,7	0,53
<i>i</i> -C17:0	0,17	0,16	0,72
<i>a</i> -C17:0	0,30	0,30	0,99
C17:0	0,71	0,72	0,92
C18:0	12,0	12,2	0,79
C20:0	0,09	0,08	0,41
C14:1 <i>cis</i> -9	0,22	0,23	0,95
C16:1 <i>cis</i> -7	0,19	0,19	0,78
C16:1 <i>cis</i> -9	1,82	1,74	0,74
C17:1 <i>cis</i> -9	0,50	0,40	0,44
C18:1 <i>cis</i> -9	17,4	19,5	0,40
C18:1 <i>cis</i> -11	2,32	2,32	0,99
C18:1 <i>cis</i> -12	0,50	0,26	0,16
C18:1 <i>cis</i> -13	0,10	0,07	0,18
C18:1 <i>cis</i> -15	0,09	0,06	0,28
C18:1 <i>trans</i> -6-8*	0,17	0,12	0,10
C18:1 <i>trans</i> -9	0,32	0,36	0,59
C18:1 <i>trans</i> -10+ <i>trans</i> -11	2,60	2,40	0,72
C18:1 <i>trans</i> -16+ <i>cis</i> -14	0,13	0,15	0,53
CLA (<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11)	0,16	0,14	0,34
C18:2 n-6	17,5	18,2	0,60
C18:3 n-6	0,10	0,13	0,05
C20:2 n-6	0,15	0,16	0,59
C20:3 n-6	1,16	1,07	0,41
C20:4 n-6	0,46	0,38	0,74
C22:4 n-6	0,70	0,54	0,17
C22:5 n-6	0,17	0,17	0,97
C18:3 n-3	0,91	0,69	0,45
C20:5 n-3	0,51	0,85	0,05
C22:5 n-3	1,59	1,65	0,86
C22:6 n-3	0,20	0,24	0,40
DMA-C16:0	4,04	4,48	0,56
DMA-C18:0	2,35	2,70	0,39
DMA-C18:1 ^a	0,95	0,95	0,92

* C18:1*trans*-6-8 representa o somatório do C18:1 *trans*-6, C18:1 *trans*-7 e C18:1 *trans*-8

^a Representa o somatório dos DMAs C18:1

Os ácidos gordos polinsaturados (PUFA) são o segundo grupo de ácidos gordos na carne de vitelão, representando 29,1% do total de ácidos gordos. Dentro dos PUFAs, a família n-6 PUFA é dominante pois representa 88,1% do total de PUFAs. O

ácido linoleico (C18:2n-6) é o principal ácido gordo deste grupo, representando 17,9% do total de ácidos gordos e 61,4% do total de PUFA. Na família n-3 PUFA, encontramos 4 ácidos gordos, os ácidos linolénico (C18:3n-3), eicosapentaenóico (C20:5n-3), docosapentaenóico (C22:5n-3) e o docosahexaenóico (C22:6n-3). Destes, o ácido docosapentaenóico é o que apresenta maior teor na carne de vitelão, representando 48,7% do total de n-3 PUFA, mas apenas 1,6% do total de ácidos gordos. Os ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) são o terceiro grupo predominante na carne de vitelão, representando 27,1% do total de ácidos gordos. O ácido oleico (C18:1 *cis*-9) é o principal representante dos MUFA, sendo responsável por 18,5% do total de ácidos gordos e 68% do total de MUFAs.

Os ácidos *trans*-octadecenóicos, particularmente o ácido *trans*-vacénico (C18:1 *trans*-11), e os isómeros do ácido linoleico conjugado (CLA) são produtos da biohidrogenação que ocorre ao nível do rúmen. Na dieta humana, as gorduras provenientes do leite e carne de ruminantes representam a maior fonte natural destes compostos. O teor total dos ácidos gordos *trans*-octadecenóicos e de CLA não foi significativamente influenciado pela suplementação com forragem hidropónica ($P > 0,05$). Os *trans*-octadecenóicos representaram 3,1% do total de ácidos gordos e 11,6% do total de MUFAs. Dentro deste grupo de ácidos gordos, a predominância vai para os ácidos gordos *trans*-10 e *trans*-11 que, neste estudo, não foi possível separar durante a análise cromatográfica.

A análise do perfil de ácidos gordos revelou também a presença de três dimetilacetais ou DMAs (DMA-C16:0, DMA-C18:0, Σ DMA-C18:1). Relativamente aos dimetilacetais (DMAs), estes foram identificados pela técnica de cromatografia gasosa e derivam dos plasmalogénios, que, sob condições de metilação ácida, são convertidos em DMA (Kraft, Kramer, Schoene, Chambers & Jahreis, 2008). Em termos estruturais, os plasmalogénios são um grupo especial de glicerofosfolípidos que apresentam um éter vinílico de cadeia longa na posição sn-1 da cadeia de glicerol e um ácido gordo na posição sn-2 (Dannenberger, Dirk, Lorenz, Stephanie, Nuernberg, Gerd, Scollan, Nigel, Ender, Klaus & Nuernberg, 2006). Os glicerofosfolípidos encontram-se maioritariamente presentes nas membranas celulares e, por essa razão, carnes mais magras apresentam uma proporção mais elevada de DMAs.

Em termos de rácios nutricionais, o rácio PUFA/SFA apresentou um valor médio de 0,585 enquanto o rácio n-6/n-3 exibiu um valor médio de 8,72.

Os teores de colesterol total, os principais homólogos da vitamina E (α -tocoferol e γ -tocoferol) e o índice de peroxidação são apresentados no Quadro 19. A carne de animais com suplementação de forragem hidropónica apresenta um teor de colesterol

significativamente mais elevado que a carne de animais do grupo controlo (69,1 *versus* 48,7 mg/100 g de carne). No caso do α -tocoferol, a carne de animais com suplementação de forragem hidropónica apresentou um teor 6,6 superior ao teor obtido na carne do grupo controlo, enquanto no γ -tocoferol não se observaram diferenças significativas entre grupos. Se considerarmos o teor total de vitamina E, ou seja a soma dos teores do α -tocoferol e do γ -tocoferol, verificamos que a carne dos animais sem suplementação apresentava um terço do teor total de vitamina E encontrada na carne com suplementação. Nos animais com suplementação de forragem hidropónica, o α -tocoferol representa 76,1% do total de vitamina E, enquanto nos animais sem suplementação, o α -tocoferol representa apenas 34,4% do total de vitamina E (Figura 23). O índice de peroxidação (IP), utilizado para avaliar a propensão dos tecidos à oxidação lipídica, não revelou a existência de diferenças significativas entre carne de animais com e sem suplementação.

Quadro 18 - Somatórios parciais dos ácidos gordos e índices nutricionais em carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropónica

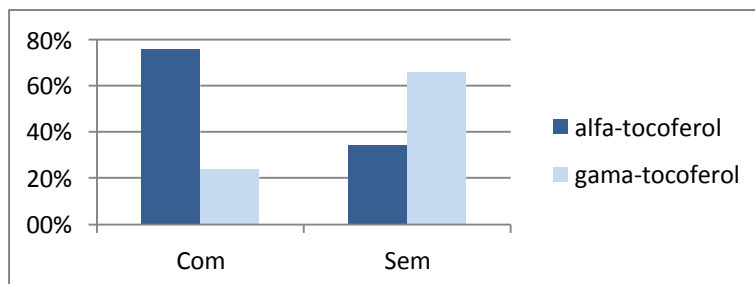
	Forragem hidropónica		P
	Com	Sem	
SFA	34,6	33,9	0,70
MUFA	26,4	27,8	0,64
PUFA	28,8	29,3	0,84
<i>trans</i> MUFA	3,23	3,03	0,76
n-6 PUFA	25,5	25,7	0,88
n-3 PUFA	3,22	3,43	0,77
DMA	7,15	8,13	0,34
Índices			
PUFA/SFA	0,58	0,59	0,59
n-6/n-3	9,28	8,17	0,37
IA	0,48	0,43	0,38
IT	0,98	0,88	0,38
h/H	2,20	2,36	0,49

Quadro 19 - Teor de colesterol total, teor dos principais homólogos da vitamina E e índice de peroxidação em carne de vitelão com e sem suplementação de forragem hidropónica

	Forragem hidropónica		P
	Com	Sem	
Colesterol ¹	69,1	48,7	<0,01
α -tocoferol ²	2,16	0,33	0,02
γ -tocoferol ²	0,68	0,63	0,30
IP	63,4	64,8	0,83

¹mg/100 g de carne; ²µg/g de carne

Figura 8 - Teor relativo dos diferentes homólogos da vitamina E relativamente ao teor global de vitamina na carne de animais com e sem suplementação de forragem hidropónica



12 – Discussão

O efeito da suplementação de forragem hidropónica não influenciou de forma significativa a grande maioria dos parâmetros avaliados, estando as diferenças significativas limitadas ao teor de colesterol e α -tocoferol.

Os vitelões da raça Blonde d'Aquitaine, em linha pura, revelaram um GMD semelhante ao observado para a raça e para outras raças com aptidão cárnica (Chambaz, 2001; Sochor, Simeonovová, Šubrt & Buchar, 2005). Relativamente ao rendimento de carcaça, os valores obtidos foram inferiores aos encontrados em novilhos da raça Blonde d'Aquitaine, 56 *versus* 63-65% respetivamente (Chambaz, 2001, Alais, Sophie, Levéziel, Hubert, Payet-Duprat, Nathalie, Hocquette, Jean-François, Lepetit, Jacques, Rousset, Sylvie, Bonnot, Aline, 2010). A disparidade nos estudos relativamente aos valores entre carcaças de vitelão e novilho pode estar associada à diferença na idade de abate, pois a raça Blonde d'Aquitaine é de crescimento lento, não demonstrando todo o seu potencial na categoria de vitelão.

O rendimento de carne do vitelão da raça Blonde d'Aquitaine (83%) revelou um valor substancialmente superior ao descrito em vitelões de raça Limousine (78,5%), em novilhos da raça Alentejana (70%) e em novilhos cruzados de Charolês com Simental com 14 meses de idade ao abate (78%) (Bures & Barton, 2012; Dias, 2008; Iwanowska & Pospiech, 2010). A superioridade da raça Blonde d'Aquitaine no que diz respeito ao rendimento de carne está muito provavelmente associado à estrutura óssea relativamente fina (Ritchie, 2009).

A análise colorimétrica da carne de vitelão revelou que a carne proveniente de animais com suplementação de forragem hidropónica se aproximava mais dos valores anteriormente descritos para a carne de vitelão comercializada em Portugal (Trevisan, 2008), enquanto a carne de animais sem suplementação apresentava valores de b^* consideravelmente inferiores ao previamente encontrado. Tal diferença poderá estar relacionada com o baixo teor de vitamina E.

Relativamente ao perfil de ácidos gordos, os resultados obtidos são semelhantes aos previamente encontrados em vitelões cruzados de carne, provenientes do Alentejo e criados em regime semiextensivo (Trevisan, 2008) e aos encontrados em carne de novilho de raça Alentejana acabados no pasto (Alfaia, Alves, Martins, Costa, Fontes, Lemos, Prates, 2009). Em ambos os estudos, os PUFA apresentam um teor intermédio entre os SFA e MUFA, o que não se verifica em vitelões cruzados de Holstein e acabados com concentrado em regime intensivo, nem em novilhos de raça Alentejana acabados com concentrado (Alfaia *et al.*, 2009; Trevisan, 2008). Na comparação dos

estudos realizados com carne de vitelão (Trevisan, 2008), verificou-se uma similaridade no que diz respeito aos principais ácidos gordos (C16:0, C18:0, C18:1 *cis*-9 e 18:2n-6), contudo o vitelão Blonde d'Aquitaine revelou teores inferiores de n-3 PUFA. Podemos pois dizer que no caso da carne de vitelão Blonde d'Aquitaine, os ácidos gordos MUFA e PUFA trocam de posição, no que diz respeito à sua predominância, tal facto parece estar associado ao baixo teor de gordura intramuscular no caso do vitelão Blonde d'Aquitaine (5,5 mg de ácidos gordos/g de carne), o que é coerente com o desenvolvimento tardio da raça. O baixo teor de ácidos gordos na carne em estudo sugere que a maioria destes ácidos gordos sejam elementos estruturais dos fosfolípidos membranares, o que é coerente com o facto dos PUFA serem os principais ácidos gordos dos fosfolípidos

O facto de não se observarem diferenças significativas no perfil de ácidos gordos entre animais com e sem suplementação de forragem hidropónica parece indicar que a forragem não interfere com população microbiana presente no rúmen, nem contribui de forma relevante para a composição do perfil de ácidos gordos da dieta. A justificação anteriormente apresentada é suportada pelos seguintes dados do estudo: a forragem hidropónica usada apresentou, em termos médios, 11,8% de matéria seca (M.S.) e cada animal teve ao seu dispor 24 kg da matéria original que corresponde a 2,83 kg/M.S.. Se considerarmos que a capacidade de ingestão de um vitelão com 350 kg de peso vivo corresponde a 6,4 kg M.S./dia (Falcão, 2012), a forragem hidropónica administrada representa 44% da capacidade de ingestão destes animais e, apesar disso, não influenciou de forma significativa o perfil de ácidos gordos.

Em termos de ácidos gordos com relevância para a saúde humana, o teor de ácidos gordos trans foi semelhante ao descrito em carne de vitelão importado e de produção nacional (Trevisan, 2008). Por outro lado, o teor de n-3 PUFA encontrado na carne em estudo foi consideravelmente inferior à observada em carne de vitelão criada em sistema de manejo semiextensivo no Alentejo (Trevisan, 2008) e semelhante à carne proveniente de animais acabados com uma alimentação à base de concentrado (Alfaia *et al.*, 2009). Os índices nutricionais, determinados na carne de vitelão da raça Blonde d'Aquitaine, não foram significativamente influenciados pela suplementação de forragem hidropónica. No seu conjunto, a carne revelou estar parcialmente de acordo com as recomendações nutricionais. A concordância com as recomendações nutricionais verifica-se ao nível do rácio PUFA/SFA, uma vez que é recomendado que este rácio seja superior a 0,45 de acordo com Departamento de Saúde Britânico (Citados por Wood & Enser, 1997) e a carne em estudo revelou valores entre 0,58 e 0,59. Por outro lado, a carne em estudo está em desacordo com as recomendações

internacionais para o rácio n-6/n-3, pois apresenta mais do dobro do valor recomendado (<4,0) (Simopoulos, 2002). Os índices anteriormente apresentados não entram em consideração com os efeitos dos MUFA, por essa razão decidiu-se estimar 3 outros índices (IA, IT e h/H). Para o índice h/H considerou-se um valor de como referência de 2,0 (Santos-Silva, Bessa, Santos-Silva, 2002), o que significa que a o potencial hipocolesterolémico dos ácidos gordos é 2 vezes superior ao poder hipercolesterolémico. O índice h/H, para a carne em estudo, foi ligeiramente superior a este valor (2,28) pelo que se pode considerar um valor positivo para a carne em estudo, independentemente da suplementação com forragem hidropónica. Não existem valores recomendados para os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, no entanto, valores mais baixos exprimem uma relação de ácidos gordos mais favorável em termos de saúde.

O teor de colesterol total observado na carne de vitelão Blonde d'Aquitaine sem suplementação de forragem hidropónica é semelhante ao encontrado na carne de vitela das raças Arouquesa, Barrosã e Maronesa (Quaresma, Trigo-Rodrigues, Costa & Bessa, 2013, Costa, Roseiro, Alves, Partidário, Santos, 2006), mas é superior ao encontrado na carne de vitela Mirandesa e carne de novilho das raças Alentejana e Mertolenga (Quaresma, Trigo-Rodrigues, Lemos & Bessa, 2012 e 2013; Pestana *et al.*, 2012). O teor de colesterol da carne de vitelão Blonde d'Aquitaine com suplementação de forragem hidropónica é significativamente maior do que o observado em animais do grupo controlo e maior do que o previamente determinado em carne de vitela e novilho de raças autóctones.

Os resultados sugerem que a suplementação com forragem hidropónica contribui para um aumento significativo do teor de colesterol no músculo *longissimus lumborum*. Tal facto parece ser contrário ao observado nas raças autóctones relativamente ao efeito da sazonalidade, uma vez que em raças autóctones, os animais abatidos na primavera (maior acesso a pastagem) apresentam uma carne com teores de colesterol significativamente inferiores à carne proveniente de animais abatidos no outono (Pestana *et al.*, 2012, Quaresma *et al.*, 2013).

A carne de vitelão Blonde d'Aquitaine sem suplementação de forragem hidropónica apresentou teores de α -tocoferol muito baixos, inferiores aos previamente quantificados em bovinos alimentados exclusivamente à base de cereais (0.75-2.92 $\mu\text{g/g}$ de carne) (Daley, Abbott, Doyle, Nader, Glenn *et al.*, 2010) e aos observados nas raças autóctones com e sem suplementação de alimento concentrado (Quaresma *et al.*, 2013, Pestana *et al.*, 2012). Por outro lado, os teores de γ -tocoferol encontrados na

carne dos animais do estudo é consideravelmente superior à previamente observada na carne de bovino de raças autóctones (Quaresma *et al.*, 2013). A suplementação com forragem hidropónica influenciou positivamente a concentração de α -tocoferol na carne, mas não influenciou os teores de γ -tocoferol. Apesar de o teor de α -tocoferol na carne ter sofrido um significativo acréscimo por via da suplementação de forragem hidropónica, os seus teores estão abaixo das recomendações para a carne de bovino ($\geq 3,5$ $\mu\text{g/g}$ de carne) (Faustman, Cassens, Schaefer, Buege, Williams & Scheller 1989). Se considerarmos que a carne de animais com e sem suplementação de forragem hidropónica apresenta um índice de peroxidação semelhante (valor médio de 64,1), a carne sem suplementação é mais suscetível à oxidação lipídica, pois o teor de α -tocoferol é 6,5 vezes inferior à carne de animais com suplementação de forragem hidropónica, mas mesmo a carne de animais com suplementação de forragem apresentou um teor de α -tocoferol inferior ao recomendado, sendo por isso também mais sensível à oxidação lipídica.

A originalidade do tema resultou em dificuldades várias no momento da discussão de resultados: 1) foi encontrado um número limitado de publicações científicas sobre o efeito da forragem hidropónica na performance de bovinos; 2) não foi possível encontrar nenhum tipo de informação científica sobre a relação entre a forragem hidropónica e a qualidade nutricional da carne; 3) a raça Blonde d'Aquitaine encontra-se pouco estudada comparativamente com outras raças; 4) existe pouca informação sobre a qualidade da carne de vitelão. Face ao anteriormente exposto, consideramos que seria útil avaliar o efeito da forragem hidropónica em outras raças e em animais de outras idades.

13 – Conclusão

O reduzido número de animais usados no estudo não permite avaliar globalmente o efeito da forragem hidropónica na alimentação do gado bovino, pelo que os dados aqui apresentados devem ser entendidos como preliminares. Os resultados do estudo revelaram que a suplementação com forragem hidropónica não influenciou significativamente o crescimento dos animais, nem o desenvolvimento muscular, nem a coloração da carne. Em termos nutricionais, a suplementação com forragem hidropónica não influenciou significativamente o perfil de ácidos gordos nem os principais índices de avaliação da qualidade da fração lipídica. Contudo, os teores de colesterol e α -tocoferol aumentaram por influência da forragem hidropónica.

14 - Referências Bibliográficas

Alfaia, Cristina P. M., Alves, Susana P., Martins, Susana I. V., Costa, Ana S. H., Fontes, Carlos M. G. A., Lemos, José P. C., Prates, José A. M. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 114(3), 939-946.

Alais, Sophie, Levéziel, Hubert, Payet-Duprat, Nathalie, Hocquette, Jean-François, Lepetit, Jacques, Rousset, Sylvie, Bonnot, Aline. (2010). The two mutations, Q204X and nt821, of the myostatin gene affect carcass and meat quality in young heterozygous bulls of French beef breeds. *Journal of animal science*, 88(2), 446-454.

Arnold, R. N., Scheller, K. K., Arp, S. C., Williams, S. N., Buege, D. R. & Schaefer, D. M. (1992). Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *Journal of Animal Science*, 70, 3055-3065.

Associação de criadores de raça Blonde d'Aquitaine, Bélgica. Website: <http://blondeaquitaine.be> consultado a 5 de junho de 2014.

Associação de criadores de raça Blonde d'Aquitaine, Estados Unidos América. Website: <http://www.blondcattle.org> consultado a 5 de junho de 2014.

Associação de criadores de raça Blonde d'Aquitaine, França. Website: <http://www.blonde-aquitaine.fr>, consultado a 5 de junho de 2014.

Associação de criadores de raça Blonde d'Aquitaine, Inglaterra. Website: www.britishblondesociety.co.uk consultado a 5 de junho de 2014.

Bas O, Songur A, Sahin, Mollaoglu H, Ozen OA, Yaman M, Eser O, Fidan H, Yagmurca M (2007). The protective effect of fish n-3 fatty acid on cerebral ischemia in rat hippocampus. *Neurochem Int* 50:548-554.

Benton Jones Jr., J. (2005). *Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower*. (2nd Edition). CRC Press.

Berg, JM (2002). *Light reactions of photosynthesis*.

Bhutta, Z. (1999). Protein: digestibility and availability. *Encyclopaedia of Human Nutrition* (Sadler, MJ, Strain, JJ, Cabalero, B., Eds) Academic Press. San Diego, 1646-54.

Bureš, D, & Bartoň, L. (2012). Growth performance, carcass traits and meat quality of bulls and heifers slaughtered at different ages. *Czech J. Anim. Sci*, 57(1), 34-43.

Cameron, N. D., G. R. Nute, S. N. Brown, M. Enser, and J. D. Wood. (1999). Meat quality of Large White pig genotypes selected for components of efficient lean growth rate. *Anim. Sci.* 68:115.-127.

Campo, M. M.; Sañudo, C.; Panea, B.; Alberti, P.; Santolaria, P. (1999). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, v. 51, n. 4, p. 383-390.

Cappellozza, B. (2013). Protein Nutrition for Cattle. Beef Cattle Sciences, Oregon State University.

Chambaz, Alain. (2001). Growth performance, carcass characteristics and meat palatability attributes in steers of various beef breeds compared at a similar level of intramuscular fat content. Diss., Naturwissenschaften ETH Zürich, Nr. 14316.

Chavan, J. and Kadam, S.S. (1989). "Nutritional improvement of cereals by sprouting." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28(5): 401-437.

Chung, T., Nwokolo, E.N., and Sim, J.S. (1989). Compositional and digestibility changes in sprouted barley and canola seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 39: 267-278.

Codron, D., & Clauss, M. (2010). Rumen physiology constrains diet niche: linking digestive physiology and food selection across wild ruminant species. *Canadian Journal of Zoology*, 88(11), 1129-1138.

Cooke, R. (2010). Energy Nutrition for Cattle. Beef Cattle Sciences, Oregon State University.

Costa, P., Roseiro, L.C., Alves, V., Partidário, A., & Santos, C. (2006). Histological profile and Fatty acid composition of Maronesa-PDO veal muscles. *RPCV*, 101(557-558), 95-102.

Cruz, Ana Rita J. (2013). Desmancha de carcaças de bovino: influência no rendimento comercial e nos custos de produção. (Mestre em Engenharia Zootécnica). Universidade de Lisboa.

Cuddeford, D. (1989). "Hydroponic grass." *In Practice* 11(5): 211-214.

Cymbron, T., Freeman, A. R., Malheiro, M. I., Vigne, J.-D., & Bradley, D. G. (2005). Microsatellite diversity suggests different histories for Mediterranean and Northern European cattle populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1574), 1837-1843.

Dalby, A., & Tsai, C. (1976). Lysine and tryptophan increases during germination of cereal grains. *Cereal Chemistry (USA)*.

Daley, Cynthia, Abbott, Amber, Doyle, Patrick, Nader, Glenn, & Larson, Stephanie. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9(1), 10.

Dannenberger, Dirk, Lorenz, Stephanie, Nuernberg, Gerd, Scollan, Nigel, Ender, Klaus, & Nuernberg, Karin. (2006). Analysis of Fatty Aldehyde Composition, Including 12-Methyltridecanal, in Plasmalogens from *Longissimus* Muscle of Concentrate- and Pasture-Fed Bulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(1), 182-188.

de Barros, Patricia Aparecida Vieira. (2011). Perfil de ácidos graxos, propriedades nutricionais e estabilidade oxidativa de manteigas do leite de vacas alimentadas com cana-de-açúcar suplementada com óleo de girassol. (tese de Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais-Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

deMan, J. (1999). Principles of Food Chemistry. (3rd Edition). Springer.

Delmore, R. J. (2009). Beef Shelf-life. BEEF FACTS - Product Enhancement Research. Retrieved from <http://www.beefresearch.org> website: <http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/Beef%20Shelf-life.pdf>

Dias, Ana Sofia Guerreiro Marques. (2008). Caracterização de duas explorações de raça bovina Alentejana produtoras de Carnalentejana DOP (Obtenção Grau Médica Veterinária), Universidade Técnica de Lisboa.

Dinh, T. T., Thompson, L. D., Galyean, M. L., Brooks, J. C., Patterson, K. Y., & Boylan, L. M. (2011). Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10(5), 269-289.

Dung, D. D., Goodwin, I. R., & Nolan, J. V. (2010). Nutrient Content and *in sacco* Digestibility of Barley Grain and Sprouted Barley. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(19), 2485-2492

Falcão, L. (2012). Material de apoio à cadeira de Alimentação Animal.

Freire, J. P. (2012). Material de apoio à cadeira de Produção de Bovinos, Ovinos e Caprinos.

FAO (2008). Fats and fatty acids in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper

Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N., & Scheller, K. K. (1989). Improvement of pigment and lipid stability in holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. Journal of Food Science, 54(4), 858-862.

Fazaeli, H., Golmohammadi, H. A., Shoayee, A. A., Montajebi, N., Mosharraf, Sh. (2011). Performance of Feedlot Calves Fed Hydroponics Fodder Barley. J. Agr. Tech. Vol,13:367-375.

Fazaeli, H., Golmohammadi, H. A., Tabatabayee, S. N., Asghari-Tabrizi, M. (2012). Productivity and Nutritive Value of Barley Green Fodder Yield in Hydroponic System. World Applied Sciences Journal 16(4), 531-539

Flynn, V., and O'Kiely, P. (1986). Input/output data for the ACRON germination unit.

Galyean M. L., Goetsch A. L., (1993). Utilization of forage fibres by ruminants. In H. G. Jung. D. R. Buxton, R. D. Hatfield, J. Ralph (Editors). Forage cell wal

structure and digestibility. Proceedings of International Symposium on Forage Cell Wall Structure and Digestibility. Madison, Wisconsin, pp. 33-71

Gama, Luís T. (2013). Material de apoio à cadeira de Melhoramento Genético Animal.

Geigl, E. (2008). Paleogenetics of cattle domestication: Methodological challenges for the study of fossil bones preserved in the domestication centre in Southwest Asia. *C. R. Palevol*, 99-112.

Ginja, Catarina Jorge. (2009). Influência das raças bovinas Ibéricas na estrutura genética das populações de bovinos Crioulos da América Latina. University of California.

Gray, J. I., Goma, E. A., & Buckley, D. J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43, Supplement 1, 111-123.

Grunert, K. G. (1997). What's in a steak? A cross-cultural study on the quality perception of beef. *Food Quality and Preference*, 8(3), 157-173.

Higgs, J.D. (2000). The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 85-95

Horrocks, L. A. (1972). Content, composition, and metabolism of mammalian and avian lipids that contain ether groups. In F. Snyder (Ed.), *Ether Lipids, Chemistry and Biology* (pp. 177-272). New York: Academic Press.

Huff-Lonergan, E., W. G. Zhang, and S. M. Lonergan. (2010). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*. 86:184-195.

Hur, S. J., Park, G. B., & Joo, S. T. (2007). A comparison of the effects of dietary conjugated linoleic acid contents, cholesterol, lipid oxidation and drip loss in pork loin and chicken breast. *Journal of Muscle Foods*, 18(3), 264-275.

Ingvartsen, K. L., Andersen, H. R., & Foldager, J. (1992). Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica A-Animal Sciences*, 42(1), 40-46.

Iwanowska, Agnieszka, & Pospiech, Edward. (2010). Comparison of slaughter value and muscle properties of selected cattle breeds in Poland.—review. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*, 9(1), 7-22.

Kerry, J. P., Buckley, D. J., & Galvin, K. (2000). 9. Improvement of Oxidative Stability of Beef and Lamb. In E. Decker, C. Faustman & C. J. Lopez-Bote (Eds.), *Antioxidants in Muscle Foods*. 605 Third Avenue, New York, NY 10158-00012: John Wiley & Sons, Inc.

Kraft, J., Kramer, J. K.G., Schoene, F., Chambers, J.R., & Jahreis, G. (2008). Extensive Analysis of Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids, CLA, trans-18:1 Isomers, and Plasmalogenic Lipids in Different Retail Beef types. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 4775-4782.

- Lawrie, R. A. (2005). *Ciência da carne* (6th ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Lee, S. H., Joo, S. T., Ryu, Y. C. (2010). Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science* 86, 166-170.
- Lefaucher, L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science* 84, 257-270.
- Mancini, R., & Hunt, M. (2005). Current research in meat color. *Meat science*, 71(1), 100-121.
- Matos, T (2013). Material de apoio à cadeira TPA - Produtos Animais.
- Monteiro, Ana Cristina (2014). Material de apoio à cadeira Produção de Bovinos, Ovinos e Caprinos.
- Mooney, J. (2005). Growing Cattle Feed Hydroponically. Australian Nuffield Farming Scholars Association.
- Morgan, J., Hunter, R.R., and O'Haire, R. (1992). Limiting factors in hydroponic barley grass production. 8th International congress on soilless culture, Hunter's Rest, South Africa.
- Morgan, L., (1998a). The pH factor in hydroponics, *The Growing Edge* 9(4):25-33.
- Ouali, A., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., & Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74(1), 44–58.
- Panea B, Sañudo C, Olleta JL, Civit D (2008). Effect of ageing method, ageing period, cooking method and sample thickness on beef textural characteristics. *Spanish J Agric Res.* 6:25–32.
- Parish, J. (2009). Energy in Beef Cattle Diets. *Cattle Business in Mississippi*, “Beef Production Strategies”.
- Patarra, Ana Rita Ferreira. (2008). Pesquisa de ácidos Gordos em Macroalgas Marinhas do Litoral dos Açores. (Mestrado em Ciências do Mar), Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar - Universidade do Porto, Porto.
- Peat JK, Mihrshahi S, Kemp AS, Marks GB, Tovey ER, Webb K, Mellis CM, Leeder SR. Three-year outcomes of dietary fatty acid modification and house dust mite reduction in the Childhood Asthma Prevention Study. *J Allergy Clin Immunol.* 2004;114:807-813.
- Peer, D., & Leeson, S. (1985). Nutrient content of hydroponically sprouted barley. *Animal Feed Science and Technology*, 13(3), 191-202.
- Pestana, José M., Costa, Ana S. H., Alves, Susana P., Martins, Susana V., Alfaia, Cristina M., Bessa, Rui J. B., & Prates, José A. M. (2012). Seasonal changes and

muscle type effect on the nutritional quality of intramuscular fat in Mirandesa-PDO veal. *Meat Science*, 90(3), 819-827.

Quaresma, Mário A. G. (2011). Material de apoio à cadeira de Reprodução Animal.

Quaresma, Mário A.G. , Trigo-Rodrigues, Inês, Lemos, José P. C. , & Bessa, Rui J. B. . (2012). Effect of the finishing feeding system on total cholesterol, vitamin E and β -carotene contents in Alentejana purebred bullocks. *RPCV*, 111(583-584), 157-163.

Quaresma, Mário AG, Trigo-Rodrigues, Inês, Costa, José N, & Bessa, Rui JB. (2013). O efeito da sazonalidade, do músculo e da raça nos teores de colesterol total, β -caroteno e vitamina E em bovinos da raça Alentejana, Arouquesa, Barrosã e Mertolenga criados de acordo com o sistema de certificação DOP. The effect of season, muscle and breed on total cholesterol, β -carotene and vitamin E contents in Alentejana, Arouquesa, Barrosã and Mertolenga bovine. *Revista Portuguesa das Ciências Veterinárias*, 108(587-588), 127-136.

Raes, K., De Smet, S., & Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113(1–4), 199–221.

Rayburn, E. B. & Lozier, J. D. (2003). Human Health Effect on Fatty Acids in Beef. WVU Division of Plant Science.

Ritchie, Harlan. Breeds of beef and multipurpose cattle acknowledgements.

Roberto, K. (2003). How to Hydroponics. (4th Edition).

Roça, R. Modificações Post-Morten. Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, F.C.A.-UNESP – Campus BOTUCATU – SP. Acedido em 15 de outubro 2014.

Rodrigues, A. M., Pinto de Andrade, L. & Várzea Rodrigues, J. (1997). Extensive beef cattle production in Portugal: the added value of indigenous breeds in the beef market. Acedido em 24 de junho 2014.

Rodriguez de Ciano, S.R., (1991), Recent advances in breeding for improving iron utilization.

Rosenvold, K., & Andersen, H.J. (2003). Factors of significance for pork quality—a review. *Meat Science*, 64(3), 219–237.

Ryu, Y. C., Choi, Y. M., Lee, S. H., Shin, H. G., Choe, J. H., Kim, J. M., Kim, B. C. (2008). Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80(2), 363–369.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., and Jadhav, S.J. (1984). Nutritional and Processing Quality of Sorghum. New Delhi, India, Oxford & IBH.

Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B. e Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: Fatty and composition of meat. *Livestock Production Science*. 77 (2-3), 187-194.

Simopoulos, A.P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother.*, 56: p. 365-379.

Sneath, R. & McIntosh, F. (2003). Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Meat and Livestock Australia Limited.

Sochor, J, Simeonovová, J, Šubrt, J, & Buchar, J. (2005). Effect of selected fattening performance and carcass value traits on textural properties of beef. *Czech Journal of Animal Science*, 50, 81-88.

Suzuki, A., & Tamate, H. (1988). Distribution of myofiber types in the hip and thigh musculature of sheep. *The Anatomical Record*, 221(1), 494–502.

Thacker, P. A., & Kirkwood, R. N. (1992). Non-Traditional Feeds for Use in Swine Production: CRC Press.

The New Zealand Merino Company (2011). Hydroponic Fodder Production.

Trevisan, Fábio. (2008). Comparison of lipid profile and some physic-chemical properties of beef imported to Portugal from Spain and Netherlands with beef from national production with different backgrounds (dairy and crossbred beef genetics). (Mestre em Segurança Alimentar), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Tudor, G., Darcy, T., Smith, P., and Shalcross, F. (2003). The intake and liveweight change of droughtmaster steers fed hydroponically grown, young sprouted barley fodder (Autograss), Department of Agriculture Western Australia.

Vaz Portugal, A. (1990). A produção pecuária Nacional. *Veterinária Técnica*, Ano 1 nº1, 14:17.

Webster's New World College Dictionary (4th Edition)(1999).

Wood, J.D. e Enser, M. (1997) - Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*. Suppl. 1 (1997) S49-S60.

Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, 37(1), 1–17.